

Задание для самостоятельной работы

Группа,	Ф.И.О. преподавателя	Название предмета	Задание
ВКТ11	Чумак И.В.	математика	Выучить формулы по лекциям. Выполнить и оформить задания №3,4,5,6 типового расчета «Линейная алгебра и аналитическая геометрия»
ВК –41	Хижняк Е.М.	БЖ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Конспекты лекций по презентациям (темы 3 – 6); 2. Задачи по практикуму (разделы 4 – 5); 3. Заполнить протокол акта (форма Н – 1).

Задание для группы ВКТ-41 по макроэкономике

Подготовить доклады по следующим темам. Номер темы соответствует номеру студента в журнале.

1. Описать особенности рынка монополии и привести реальные примеры таких рынков
2. Описать особенности рынка олигополии и привести реальные примеры таких рынков
3. Паутинообразная модель
4. Эластичность спроса и предложения
5. Понятие полезности
6. Кривая безразличия и бюджетное ограничение
7. Кривая «доход-потребление» и кривая «цена-потребление»

Задания для самостоятельной работы по технологической оснастке

1. Выполнить курсовую работу.
2. Сделать конспект следующих тем:
 - 1) Корпуса в технологической оснастке
 - 2) Устройства для координирования и направления инструмента
 - 3) Специализация технологической оснастки
3. Ответить на тестовые вопросы

Задание

1. Выполнить курсовой проект
2. Выполнить практические работы
3. Ответить на тестовые вопросы
4. Сделать конспект по следующим темам:
 - 1) Технологические процессы изготовления корпусных деталей;
 - 2) Технологические процессы изготовления рычагов;
 - 3) Технологические процессы изготовления зубчатых колес



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) ДГТУ в г. Азове**

Факультет Высшего образования
Кафедра Технология машиностроения

КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Дисциплина Технология машиностроения

Направление
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Составитель: доцент
Шишкина А.П.

ЛЕКЦИЯ 1

ГОСТ 14.004–83

ЕСТПП (термины и определения)

1. Технологическая подготовка производства (ТПП) – совокупность мероприятий обеспечивающих технологическую готовность производства.

2. Технологическая готовность производства – наличие на предприятии полных комплектов конструкторской и технологической документации и средств технологического оснащения, необходимых для осуществления заданного объема выпуска продукции с установленными технико-экономическими показателями.

3. ЕСТПП – система организации и управления ТПП, регламентированная государственными стандартами.

ТПП включает решение задач, группируемых по следующим основным функциям:

- а) обеспечение технологичности конструкции изделия;
- б) разработка технологических процессов;
- в) проектирование и изготовление средств технологического оснащения;
- г) организация и управление процессом ТПП.

Тема 1. Техническая подготовка производства и ее состав

1. Введение

2. Техническая подготовка производства

Большую роль в современном производстве играет научно-организованная техническая подготовка производства (ТеПП), включающая конструкторскую, технологическую и организационную подготовку. Ее оперативность и качество определяют и влияют на все технико-экономические показатели работы предприятия.

С этой точки зрения комплексная автоматизация современного производства.

В настоящее время рассматривается, как интегрированная система (ИПК), охватывающая все стадии производства – исследование, конструирование, технологическую подготовку и организацию производства. В настоящее время на смену массовому производству в развитых странах пришло серийное, нуждающееся в другой организации процесса автоматизации. Широко применяется различное высокопроизводительное, но дорогостоящее оборудование (станки с ЧПУ, промышленные роботы, автоматические склады и транспортные системы, средства контроля, микропроцессорная техника), что значительно повышает удельный вес основных фондов и требует все более тщательной подготовки производства.

При решении задач ТеПП особое внимание следует уделить унификации и стандартизации изделий, технологических процессов, переналаживаемой технологической оснастки, станочных модулей и ГПС. Одновременно необходимо решить вопросы разработки единого математического и программного обеспечения систем автоматизированного проектирования, технологической подготовки, планирования и организации производства. От отдельных систем, способных решать лишь частные вопросы, следует переходить к созданию интегрированных систем, охватывающий весь производственный комплекс – исследования, конструкторские и технологические разработки, проектирование, планирование и организацию производства, управление технологическими процессами и качеством продукции и др.

3. Задачи технической подготовки производства.

Автоматизация производства, создание (ГПС) требует интеграции и автоматизации всех работ по ТеПП. Интеграция конструкторской, технологической, организационной и экономической подготовки производства заключается в обеспечении достоверных своевременных прямых и обратных связей между задачами в целях выбора оптимальных решений на всех этапах ТеПП. Обеспечить непрерывную эффективную связь между задачами возможно только в условиях

автоматизации ТеПП на основе единой информационной базы, которая включает в себя постоянную (нормативно-справочную) и переменную, формируемую в процессе решения задач, информацию.

Но несмотря на интеграцию работ в ТеПП можно выделить два самостоятельных вида работ, отличающихся составом задач и целями: 1) проектирование или реорганизация производства; 2) эксплуатация организованного производства. Целью проектирования производства является построение производственной системы и создание таких условий, которые обеспечивали бы в течении длительного периода времени изготовление планируемых и прогнозируемых изделий в заданные сроки и с минимальными затратами. При проектировании многономенклатурной системы формируется одно из важнейших свойств производства – его переналаживаемость. Целью эксплуатации производства является максимальное использование технического уровня производственной системы при изготовлении планируемых изделий. Интеграция двух видов работ при совместном их рассмотрении заключается в создании при проектировании производства технической, организационной и информационной баз, на основе которых принимаются решения при эксплуатации производства и достигается необходимая гибкость производственной системы.

На конструкторском этапе проектирования производства необходимо провести глубокий анализ выпускаемых предприятием изделий, прогнозировать развитие изделий – аналогов, на основе чего выполнить унификацию сборочных единиц, деталей и элементов деталей.

На технологическом этапе проектирования производства, являющимся ключевым в создании ГПС, во-первых реализуются возможности по созданию гибкого производства, заложенные на конструкторском этапе; во-вторых, проводится технологическая унификация, которая расширяет возможности по применению универсально-наладочной, универсально-сборной и универсально-безналадочной оснастки, происходит дальнейшее сокращение номенклатуры требуемого режущего и вспомогательного инструмента. Повышается типизация ТП и его элементов.

На организационном этапе проектирования производства решаются вопросы создания на основе технологических решений производственных подразделений (ПП) с прогрессивными формами и методами их организации, обеспечивающих изготовление изделий с минимальными потерями времени на перемещение и пролеживание. Именно поддетально-групповая форма вместе с унификацией ТП позволяет автоматизировать производство.

На управленческом и экономическом этапах проектирования производства формируются основные положения по оперативно-производственному планированию, решаются вопросы выбора методов и критериев управления производством, которые позволяют производственной системе быстро адаптироваться к изменениям в конструкции, технологии и организации, а также к изменениям программы выпуска изделий.

ЛЕКЦИЯ 2

Унификация и типизация технологических процессов (ТП)

Эффективное применение ГАП и ИПК в единичном и серийном производствах зависит главным образом от устойчивости (стабильности) производственного процесса. Продукция машиностроительных и приборостроительных заводов характеризуется сменой изделий, большим числом конструкторских и технологических решений, небольшими масштабами выпуска, многооперационностью технологии.

Однако положение существенно меняется, если от отдельных наименований деталей перейти к группам конструктивно и технологически подобных деталей различных изделий. Регулярность производства таких групп значительно выше, производственный процесс их изготовления становится устойчивым по времени и может рассматриваться как объект комплексной автоматизации.

Такой подход к ТеПП в условиях единичного и серийного выпуска продукции сегодня является общепринятым в отечественной и мировой практике и соответствует современной концепции построения и эксплуатации производственных систем.

Основы типизации технологических процессов

Под типизацией понимается процесс разработки ТП на изготовление типовых деталей и целых машин отражающий наиболее передовой опыт и достижения науки и техники.

В годы первых пятилеток в стране проектировалось и осваивалось огромное количество машин. Для их изготовления разрабатывалось огромное количество техпроцессов. Только на одном машиностроительном заводе надо было рассчитать процессы на десятки тысяч переходов. Для этого требовалось большое количество технологов, причем разный уровень их квалификации приводил к различным решениям при обработке однотипных деталей. Это увеличивало номенклатуру и количество инструментов в цехах, разнообразие применяемого оборудования и т.д.

Для устранения указанных недостатков, **упрощения, ускорения и удешевления разработки ТП проф. А.П. Соколовский в 1938г. выдвинул идею типизации ТП на основе классификации деталей по конфигурациям и размерам.** Первоначально им были выделены 15 классов (валы, втулки, диски, эксцентриковые детали, крестовины, рычаги, плиты, шпонки, стойки, угольники, бабки, зубчатые колеса, фасонные кулачки, ходовые винты и червяки, мелкие крепежные детали). На машиностроительных заводах и сейчас встречаются участки, организованные в соответствии с этой классификацией.

В дальнейшем классификацию переработал проф. Ф.С. Демьянюк, он уменьшил количество классов и оставил их семь: корпусные детали, круглые стержни, полые цилиндры, диски, некруглые стержни, небольшие детали сложной формы, крепежные детали.

Целесообразно также ввести 8^{ой} класс – специальные детали, которые по форме значительно отличаются от деталей охватываемых общей классификацией, и обрабатываются по особой технологии (коленвалы, лопатки газовых турбин, поршни и т.д.).

Разработанные типовые техпроцессы обработки однотипных деталей определяют направление процесса, ориентируясь на которые заводской технолог может разработать конкретный ТП с учетом имеющегося оборудования, инструментов, способов производства заготовок и пр. (пример – ступенчатый вал).

Типовой ТП обычно составляется на наиболее сложную деталь определенного класса или группы.

Кроме типовых ТП обработки деталей различных классов, разработаны ТП обработки сложных поверхностей (пример из курса ФТОМО).

Для повышения производительности труда применяется метод групповой обработки, который положен в основу группового производства, а в дальнейшем ГАП.

Уровень специализации машиностроительных объединений и предприятий и их подразделений определяется сочетанием двух основных факторов – объемом производства и трудоемкостью продукции, которые во многом определяют и организационно-производственную структуру предприятия.

Можно выделить три типа машиностроительных объединений и предприятий специализирующихся на выпуске готовых изделий:

- предприятия с полным технологическим циклом, располагающие всей совокупностью заготовительных, обрабатывающих и сборочных цехов;
- предприятия механосборочного производства, получающие необходимые заготовки в порядке кооперирования с других заводов;
- предприятия сборочного типа, выпускающие готовые изделия из деталей, изготовленных на других предприятиях.

Как уже отмечалось, организация и развитие группового производства основаны на унификации.

Основными направлениями технологической унификации являются типизация и метод групповой обработки деталей.

В настоящее время существует несколько систем классификации и кодирования деталей (ЕСКД, технологический классификатор деталей, Техархив, Групппроект, ТИС – 81).

В результате классификации деталям обычно присваивают определенный классификационный код, что ускоряет их поиск по заданным признакам. Классификация необходима для механизированного и автоматизированного решения задач ТПП.

После классификации и группирования деталей приступают к разработке группового ТП, который позволяет обрабатывать любую деталь данной группы без значительных отклонений от общей технологической схемы.

Технологическая унификация делится на 5 уровней.

На первом (низшем) уровне унифицируются ходы, одна из групп которых связана с изменением формы детали в процессе обработки, а другая – со вспомогательными перемещениями. Понятие «ход» – это элемент синтеза управляющих программ и автоматической системы проектирования ТП.

Второй уровень – переход – является элементом при проектировании ТП на универсальных станках. К объему типизации, относятся вид и характер обработки конкретной элементарной поверхности, а также вид режущего инструмента.

Третий уровень – элементарная схема обработки. Здесь упорядочиваются планы обработки элементарных поверхностей, комплексных конструктивных элементов, имеющих однозначную связь между образующими их поверхностями (например отверстие с цековкой)

Четвертый уровень – операция. Отличительной особенностью этого уровня является связь со структурными свойствами деталей. Объекты типизации – вид и характер обработки некоторой группы деталей, технологическое оборудование и вид оснастки.

Пятый уровень – маршрут обработки детали. В этом случае унифицируется последовательность операций, которая справедлива для множества деталей, принадлежащих к одной классификационной совокупности.

Используя системы кодирования и классификации деталей, можно выявить их общие признаки и свести детали в определенные конструктивно-технологические группы.

Группой называется совокупность деталей, характеризующаяся при обработке общностью оборудования, оснастки, наладки и ТП (операционного). При создании группы учитывают габаритные размеры деталей, их геометрическую форму, общность подлежащих обработке поверхностей, их точность и шероховатость однородность заготовок, серийность выпуска, экономичность процесса.

Групповым ТП называется совокупность групповых технологических операций, обеспечивающих обработку различных деталей группы (или несколько групп) по общему технологическому маршруту.

При групповом технологическом маршруте некоторые детали могут пропускать отдельные операции или переходы.

При разработке техпроцессов следует исходить из следующих основных положений:

- 1) принятая последовательность обработки детали при групповом маршруте (операций или переходов) должна обеспечивать обработку любой детали группы в соответствии с чертежом и техническими требованиями;
- 2) технологическая оснастка должна быть групповой или универсально-переналаживаемой;
- 3) оборудование должно обеспечивать высокопроизводительную обработку при минимальных затратах на его переналадку;
- 4) технологическая документация должна быть простой по форме, исчерпывающей по содержанию и удобной для пользования на рабочих местах.

Задачи обеспечения технологичности

По определению ГОСТ 14.201-83 **обеспечение технологичности направлено на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и сокращение времени на производство**, в том числе и монтаж вне предприятия-изготовителя, техническое обслуживание и ремонт изделия.

Поэтому результат решения задач обеспечения технологичности конструкции изделия оценивается стоимостными, временными и ресурсоемкостными показателями.

Все задачи обеспечения технологичности подразделяются на 5 групп:

- 1) отработка конструкций изделий на технологичность на всех стадиях разработки изделия, при ТПП и в обоснованных случаях при изготовлении изделия;

2) количественная оценка технологичности конструкции изделия;
3) технологический контроль конструкторской документации;
4) подготовка и внесение изменений в конструкторскую документацию по результатам технологического контроля, обеспечивающих достижение базовых значений всех показателей технологичности;

5) совершенствование условий выполнения работ при производстве, эксплуатации и ремонте изделий и фиксация принятых решений в технологической документации.

Известно, что для повышения эффективности использования специализированного оборудования необходимо провести **унификацию конструкторских и технологических решений**. **Унификация конструкторских решений** заключается в унификации и стандартизации изделий, деталей и поверхности деталей. **Унификация технологических решений** заключается в разработке типовых и групповых ТП, унификации элементов ТП (инструмента, методов обработки, схем базирования и т.д.). Унификация технологических решений компенсирует отсутствие данных о выпускаемых изделиях при проектировании производственных систем. Для повышения эффективности унификации технологических решений она должна строиться на унификации конструкторских решений и прогнозе развития унифицированных элементов изделия и ТП. Это позволяет увеличить жизненный цикл оптимальной эксплуатации специализированной производственной системы, в том числе ГПС.

Анализ и унификация деталей и технологических процессов

Как известно, унификация имеет конструкторскую и технологическую составляющие.

Конструкторская унификация включает следующие работы:

- создание универсальных конструкций на базе передового опыта разработки определенного типа систем и их стандартизацию;
- создание универсальных блоков, из которых агрегируются конструкции изделий с отличающимися характеристиками;
- унификацию и стандартизацию деталей;
- унификацию комплектов поверхностей деталей;
- унификацию поверхностей деталей.

Работы по созданию универсальных конструкций и блоков следует проводить на отраслевом или межотраслевом уровнях.

Работы по унификации деталей, комплектов поверхностей и поверхностей деталей могут проводиться как на отраслевом уровне, так и на уровне конкретного предприятия.

Унификация и стандартизация деталей выполняются в следующей последовательности: унификация основной формы детали, унификация деталей со всеми элементами формы, унификация деталей с размерами, унификация деталей со всеми элементами формы, размерами и качественными элементами.

Основную форму и структуру детали определяют следующие элементы: для осесимметричных деталей – цилиндрические, конические, криволинейные поверхности, соосные с ними поверхности имеющие квадратную, шестигранную и другие формы, а также плоские торцовые поверхности; для остальных деталей – плоские поверхности основных и дополнительных сторон детали. Элементы которые находятся на основных, назовем дополнительными элементами, или элементами второго ранга (фаски, галтели, канавки, лыски, грани и д.р.).

Унификация и стандартизация конструкций детали должна проводиться во взаимосвязи с унификацией и стандартизацией ТП их обработки, режущего и мерительного инструмента. На основе анализа ТП систематизируют технологические данные и разрабатывают унифицированный ТП и технологическую оснастку. Унифицировать можно как весь ТП, так и его отдельные составляющие, причем качественное разделение ТП на составляющие значительно повышает возможность модернизации станочного парка и применения высокопроизводительных методов обработки с использованием быстропереналаживаемых станков и приспособлений. При таком подходе мелкосерийное производство приближается к уровню серийного.

Технологическая унификация состоит из работ по унификации рабочих и вспомогательных ходов, схем обработки типовых поверхностей и комплексов поверхностей, переходов, операций и маршрутов обработки деталей.

Понятие "ход" является элементом УП и автоматизированной системы проектирования, поэтому естественно будет в основу унификации ТП заложить классификацию движений режущего инструмента при обработке поверхностей заготовки. Различают рабочие и вспомогательные ходы. **Рабочий ход** – это движение инструмента относительно заготовки, выполняемое на подачах, определяемых процессом изготовления детали. Различают врезание инструмента, выход его и изменение формы заготовки. **Вспомогательный ход** выполняется на повышенных скоростях и не связан с обработкой, врезанием и выходом инструмента.

Унификация поверхностей деталей и промежуточных поверхностей заготовки, получаемых при обработке, создают основу для унификации рабочих ходов, которые связаны с изменением формы заготовок и в какой то мере с врезанием и выходом инструмента.

Результатом унификации должна стать библиотека типовых схем движений, выполняемых инструментом относительно заготовки.

Дальнейшим развитием унификации движений инструмента относительно заготовки является унификация схем обработки типовых поверхностей, типовых комплексов поверхностей и типовых деталей. Например, фрезерование шлицев, пазов, лысок и т.п. Унификация схем обработки позволяет упорядочить классы обработки комплекса поверхностей.

Применение типовых схем обработки поверхностей особенно эффективно в условиях единичного и мелкосерийного производства, когда затраты на проектирование УП существенно влияют на эффективность применения свободно программируемого оборудования.

Унификация переходов позволяет сократить вид и характер обработки конкретных поверхностей (что в свою очередь, сокращает номенклатуру режущего инструмента), повысить применение стандартизованного инструмента и сократить затраты на технологическую подготовку производства.

Унификация операций и маршрутов обработки опирается на группирование деталей. На группу деталей можно разработать несколько альтернативных операций и маршрутов обработки и выбрать такие их варианты, которые обеспечивают максимальную унификацию схем базирования, применяемого оборудования и приспособлений, методов обработки, минимизацию затрат на обслуживание обрабатывающего и вспомогательного оборудования, технологическую подготовку производства. Унификация операций позволяет уменьшить число наладок оборудования, а унификация маршрутов – число операционных структур производственных подразделений.

ЛЕКЦИЯ 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Деталью называют изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

Конструктивная форма детали образуется сочетанием объемов материала, ограниченных простыми геометрическими поверхностями - плоскостями, цилиндрами, конусами, сферами и т.д.

Любое производство предназначено для реализации производственного процесса изготовления готовой продукции.

Производственным процессом в машиностроении является совокупность действий, необходимых для выпуска готовых изделий.

ТП разрабатывается при проектировании новых и реконструкции существующих заводов, а также при организации производства новых объектов на действующих заводах. Кроме того, корректируют или разрабатывают новые ТП на действующих заводах.

Технологическим процессом (ТП) называют часть производственного процесса, содержащую целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда.

К предметам труда относят заготовки и изделия.

По степени унификации различают следующие виды технологических процессов: **единичный, типовой, групповой.**

Единичный технологический процесс — технологический процесс, относящийся к изделиям одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства (применяется для изготовления изделий одного наименования, типоразмера и исполнения).

Типовой технологический процесс — технологический процесс, характеризующийся единством содержания и последовательности большинства технологических операций и переходов для группы изделий с общими конструктивными признаками.

Групповой технологический процесс — технологический процесс, характеризующийся единством методов обработки с использованием однородных и быстро переналаживаемых приспособлений для групп изделий даже с разными конструктивными признаками.

Каждый вид технологических процессов характеризуется следующими признаками:

- а) **основным назначением процесса:** рабочий, перспективный;
- б) **степенью детализации содержания процесса:** маршрутный, операционный, маршрутно-операционный.

Рабочий технологический процесс — технологический процесс, выполняемый по рабочей и (или) конструкторской документации (применяется для изготовления в соответствии с требованиями рабочей технической документации).

Перспективный технологический процесс — технологический процесс, соответствующий современным достижениям науки и техники, методы и средства осуществления которого полностью или частично предстоит освоить на предприятии

(используются как информационная основа для разработки рабочих технологических процессов при техническом и организационном перевооружении производства;).

Маршрутный технологический процесс — технологический процесс, выполняемый по документации, в которой содержание операций приводится без указания переходов и режимов обработки

(технологический маршрут — последовательность прохождения заготовки, детали или сборочной единицы по подразделениям предприятия при выполнении технологического процесса изготовления или ремонта).

Операционный технологический процесс — технологический процесс, выполняемый по документации, в которой содержание операций излагается с указанием переходов и режимов обработки.

Маршрутно-операционный технологический процесс — технологический процесс, выполняемый по документации, в которой содержание отдельных операций излагается без указания переходов и режимов обработки.

Технологической операцией называют законченную часть ТП, выполняемую на одном рабочем месте.

Операция охватывает все действия оборудования и рабочих над одним или несколькими совместно обрабатываемыми или собираемыми объектами производства. При обработке на станках операция включает все действия рабочего, управляющего станком, а также автоматические движения станка, осуществляемые в процессе обработки заготовки до момента снятия ее со станка и перехода к обработке другой заготовки.

Операция — основной элемент ТП — имеет собственную структуру.

Технологический переход — законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же СТО при постоянных технологических режимах.

Технологическим режимом называют совокупность изменений параметров ТП в определенном интервале времени.

К изменяемым параметрам процесса, определяющим режим, относят, например, глубину резания, подачу, скорость резания и т.д. Технологический переход характеризует постоянство применяемого инструмента, поверхностей, образуемых обработкой или соединяемых при сборке, а также постоянство технологического режима.

Технологические переходы бывают простыми (элементарными) и сложными (в работе одновременно участвуют несколько инструментов).

Технологические переходы могут выполняться последовательно или параллельно-последовательно.

Операция может состоять как из одного, так и из нескольких технологических переходов (простых или сложных).

Состав, содержание и последовательность выполнения технологических переходов определяют структуру технологической операции.

Технологическая операция может быть организована на основе концентрации или дифференциации технологических переходов, включаемых в ее структуру.

Технологическую операцию следует рассматривать как совокупность технологических и вспомогательных переходов, причем технологические переходы обеспечивают изменения состояния предметов труда, а вспомогательные — выполнение технологических переходов.

Вспомогательный переход — это законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предметов труда, но необходимы для выполнения технологического перехода.

Примерами вспомогательных переходов являются закрепление заготовки, смена инструмента и т.д.

Рабочий ход — законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменениями формы, размеров, качества поверхности или свойств заготовки.

Число рабочих ходов, выполняемых в одном технологическом переходе, выбирают, исходя из обеспечения оптимальных условий обработки, например уменьшения глубины резания при съеме значительных слоев материала. При выполнении технологической операции часто необходимо изменять относительное положение заготовки и инструмента (рабочих органов станка).

Установ — часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки.

Позиция — фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижных частей оборудования.

Прием — законченная совокупность действий человека при выполнении перехода или его части, объединенных одним целевым назначением.

Так, при выполнении вспомогательного перехода установки заготовки в приспособление необходимо последовательно выполнить следующие приемы: взять заготовку из тары, установить в приспособление и закрепить в нем.

Последовательность разработки ТП

1. Анализ исходных данных.
2. Установление типа производства
3. Анализ технологичности конструкции.
4. Выбор действующего группового, типового ТП или поиск аналога единичного ТП.
5. Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления.
6. Разработка вариантов технологического маршрута обработки типовых поверхностей.

7. Выбор вариантов базирования.
8. Синтез маршрута обработки заготовки.
9. Разработка технологических операций.

Выбор типов и определение технических характеристик оборудования, приспособлений, режущего и мерительного инструмента.

Определение размеров обрабатываемых поверхностей.

Определение режимов обработки.

Определение нормы времени на обработку по каждой операции.

Определение квалификации работы.

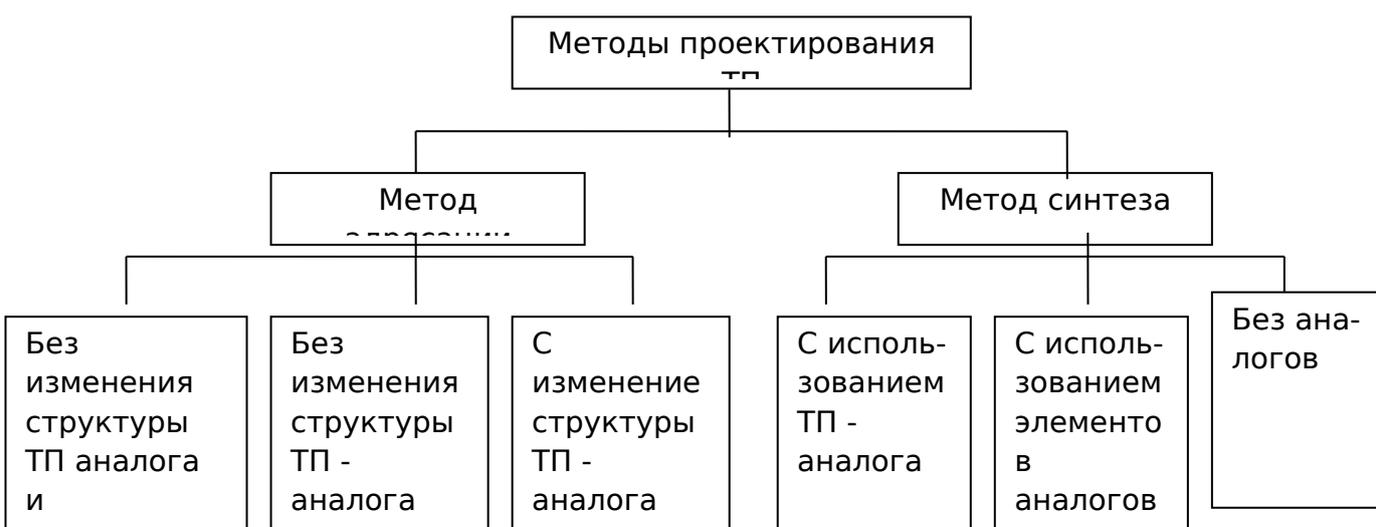
10. Определение требований техники безопасности.
11. Оценка технико-экономической эффективности спроектированного ТП.
12. Сравнение вариантов ТП.
13. Оформление технологической документации.

Исходные данные для проектирования

1. Сборочные и рабочие чертежи изделия и детали.
2. Технические условия, нормы точности и другие данные, характеризующие служебное назначение детали в работающей машине, требования к детали, выявленные при разработке ТП сборки.
3. Количество деталей, подлежащих изготовлению в единицу времени по неизменному чертежу.
4. Условия, в которых должны осуществляться ТП: вновь проектируемый или действующий завод, состав оборудования – наличие и перспектива обновления путем модернизации, получения нового, наличие производственных площадей, перспективы расширения, наличие и перспективы получения кадров.
5. Стандарты и нормы на полуфабрикаты.
6. Типовые, групповые и рабочие ТП на основные виды деталей.
7. Технологические характеристики оборудования, рабочего и измерительного инструмента.
8. Различного рода справочная литература, руководящие материалы, инструкции, нормативы.

Методы проектирования ТП

Одна из классификаций методов проектирования ТП приведена на рис. 1.



Концентрация и дифференциация операций

К числу важных вопросов построения ТП, в большой мере связанных с типом и серийностью производства и с конкретными производственным условиями, относится вопрос о степени концентрации или дифференциации операций.

Концентрацией (укрупнением) операций называется соединение нескольких простых технологических переходов в одну сложную операцию. ТП построенный по принципу концентраций операций, состоит из небольшого числа сложных операций.

Достоинства концентрации операций состоят в том, что она может осуществляться объединением в одной операции черновых и чистовых переходов, нескольких простых переходов в сложные многоинструментальные и т.п. При этом повышается точность взаимного расположения поверхностей, обрабатываемых на одном установе, производительность обработки за счет совмещения во времени нескольких технологических переходов и сокращения затрат вспомогательного времени (установка и снятие заготовок, смена инструмента, включение и выключение станка).

Дифференциацией (раздроблением) операций называется построение операций из большого числа простых технологических переходов. ТП, построенный по принципу дифференциации операций, состоит из большого числа простых операций.

Достоинства дифференциации операций в первую очередь связаны с возможностью отделения сложной и точной чистовой обработки, требующей высокой квалификации рабочих и высокоточных станков, от предварительной неточной обработки, которая может быть осуществлена простейшими и высокопроизводительными способами на простых и дешевых станках рабочими средней квалификации.

Степень дифференциации зависит от серийности производства, и в условиях крупносерийного производства может стать экономически целесообразным построение ТП из большого числа простых операций, выполняемых в едином ритме на простых станках связанных конвейером.

В условиях единичного и мелкосерийного производств обычно проектируются концентрированные операции, выполняемые высококвалифицированными рабочими.

В условиях крупносерийного и массового производств применяется дифференциация операций (конвейерные автоматические линии из простых станков) и их концентрация на сложных многошпиндельных автоматах, обрабатывающих центрах и т.п.

Лекция 3 продолжение

3. ОБОСНОВАНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА

Тип производства, согласно ГОСТ 3.1108-74, характеризуется коэффициентом закрепления операций за одним рабочим местом или единицей оборудования.

$$K_{з.о} = \frac{Q}{P_M},$$

где Q – число различных операций, выполняемых за месяц на участке; P_M – число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Различным типам производства соответствуют следующие значения коэффициентов закрепления операций:

Тип производства	$K_{з.о}$
Массовое	1-2
Серийное: крупносерийное	Св. 2 до 10
среднесерийное	Св. 10 до 20
мелкосерийное	Св. 20 до 40
Единичное	Св. 40

В проектных условиях можно полагать, что $K_{з.о}$ определяет число операций такой же трудоемкости, как и рассматриваемая, которые можно было бы закрепить за одним рабочим местом для его полной загрузки в течение месяца. Тогда коэффициент закрепления операций определяется выражением

$$K_{з.о} = \frac{t_6}{T_{шт.сп.}}$$

где t_6 – такт выпуска; $T_{шт.сп.}$ – штучное время на операцию (ориентировочное);

$$t_6 = \frac{60 F m \eta}{N} \text{ мин/шт,}$$

где F – номинальный годовой фонд времени при односменной работе, ($F=2070$ ч); m – принятое число смен в сутки; η – коэффициент использования оборудования, $\eta=0,9\dots 0,98$; N – годовая программа выпуска деталей с учетом запасных частей.

Ориентировочное штучное время для главных операций проектируемого ТП проще всего определить по деталям-аналогам, ТП изготовления которых уже спроектированы и внедрены. В случае отсутствия такой информации можно для предварительных расчетов в курсовом проектировании применять $T_{шт.сп.}=4\dots 5$ мин. Для серийного производства рассчитывается величина партии деталей. Количество деталей в партии можно определить упрощенно по следующей формуле:

$$n = \frac{N \cdot i}{\Phi}$$

где n – количество деталей в партии; i – число дней, на которое необходимо иметь запас деталей на складе; Φ – число рабочих дней в году.

С целью более объективного подхода к обоснованию типа производства следует четко представлять их особенности, которые в соответствии с [12] заключаются в следующем.

Так, *единичное производство* характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых изделий и малым объемом их выпуска. Единичное производство универсально, т.е. охватывает разнообразные типы изделий, поэтому оно должно быть гибким, с применением универсального оборудования, а также стандартного режущего и измерительного инструмента. Технологический процесс изготовления детали при этом типе производства имеет уплотненный характер, т.е. на одном станке выполняются несколько операций или полная обработка всей детали. Применение специальных приспособлений в единичном производстве экономически нецелесообразно, их используют только в исключительных случаях. Себестоимость выпускаемого изделия при единичном производстве сравнительно высокая.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями, и сравнительно большим объемом выпуска, чем в единичном типе производства. При серийном производстве используются универсальные станки, чаще станки с ЧПУ, а также станки-полуавтоматы, оснащенные как специальными, так и универсальными и универсально-сборными приспособлениями, часто с механизированным приводом зажима, что позволяет снизить трудоемкость и себестоимость изготовления изделия. В серийном производстве технологический процесс изготовления изделия преимущественно дифференцирован, т.е. расчленен на отдельные самостоятельные операции, выполняемые на определенных станках. При серийном производстве обычно применяют универсальные, специализированные, агрегатные и другие металлорежущие станки. При выборе технологического оборудования специального или специализированного станочного приспособления и вспомогательного инструмента необходимо производить расчет затрат и сроков окупаемости, а также ожидаемый экономический эффект от использования оборудования и технологического оснащения.

Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение продолжительного периода времени. При массовом производстве технологические процессы разрабатываются подробно и хорошо оснащаются, что позволяет обеспечить высокую точность и взаимозаменяемость деталей, малую трудоемкость, а следовательно, и более низкую, чем при серийном производстве, себестоимость изделий. При массовом производстве возможно более широко применять механизацию и автоматизацию производственных процессов, использовать дифференцирование технологического процесса на элементарные операции, применять быстродействующие специальные приспособления, режущий и измерительный инструмент.

Анализ технологичности конструкции деталей

Технологичность конструкции изделий (ТКИ) рассматривается как совокупность свойств конструкции изделия, определяющих его приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ (ГОСТ 14.205-83).

Из приведенного определения следует, что ТКИ понятие относительное. Технологичность одного и того же изделия в зависимости от типа того производства, где оно изготавливается и от конкретных производственных условий может быть различной.

Например в крупносерийном и массовом производстве технологичны будут заготовки-отливки, изготовленные литьем в кокиль, т.к. трудоемкость и себестоимость изготовления деталей из этих отливок значительно ниже, чем из отливок, полученных с использованием песчано-глинистых форм. В свою очередь последние будут технологичны в мелкосерийном и единичном производстве.

Основная задача обеспечения ТКИ заключается в достижении оптимальных трудовых, материальных и топливно-энергетических затрат на проектирование, подготовку производства, изготовление, монтаж, технологическое обслуживание и ремонт при обеспечении прочих заданных показателей качества изделия в принятых условиях проведения работ.

Различают производственную, эксплуатационную и ремонтную технологичность.

Производственная ТКИ заключается в сокращении средств и времени на конструкторскую подготовку производства, технологическую подготовку производства, процессы изготовления, в том числе контроля и испытаний, монтаж вне предприятия-изготовителя.

Эксплуатационная ТКИ заключается в сокращении средств и времени на подготовку к использованию по назначению, технологическое и техническое обслуживание, текущий ремонт, утилизацию.

Ремонтная технологичность заключается в сокращении средств и времени на все виды ремонта.

По ГОСТ 14.201-83 обеспечение ТКИ является функцией подготовки производства, предусматривающей взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и сокращение времени на производство, а также монтаж, техническое обслуживание и ремонт изделия.

Оценка технологичности конструкции изделия может быть двух видов – качественной и количественной.

Качественная оценка характеризует технологичность конструкции обобщенно, на основе опыта исполнителя.

К основным показателям количественной оценки относятся трудоемкость и себестоимость изготовления изделия, материалоемкость и энергоемкость изделия.

Требования к технологичности конструкции детали, согласно ГОСТ 14.204-73, следующие:

- конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом;
- детали должны изготавливаться из стандартных и унифицированных заготовок или заготовок, полученных рациональным способом;
- размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные степень точности и шероховатость;
- физико-химические и механические свойства материала, жесткость детали, ее форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления;
- показатели базовой поверхности (точность, шероховатость) детали должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля;
- конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов ее изготовления.

При оценке технологичности конструкции детали необходимо:

- рассчитать показатели технологичности конструкции;
- разработать рекомендации по улучшению показателей технологичности;
- обеспечить технологичность конструкции детали путем внесения изменений.

Оценку технологичности конструкции детали производят по качественным и количественным показателям [3].

Качественная оценка технологичности конструкции детали описывается словами «хорошо – плохо», «допустимо – недопустимо» и т.д., а количественная оценка характеризуется показателями технологичности и проводится по усмотрению разработчика.

Для количественной оценки технологичности конструкции детали применяют следующие коэффициенты:

коэффициент унификации конструктивных элементов детали

$$K_{y.э} = \frac{Q_{э.у}}{Q_э},$$

где $Q_{э.у}$ – число унифицированных элементов детали, шт.; $Q_э$ – общее число конструктивных элементов детали, шт.

коэффициент использования материала

$$K_{u.м} = \frac{m_d}{m_э},$$

где m_d – масса детали по чертежу, кг; $m_э$ – масса материала заготовки с неизбежными технологическими потерями, кг.

коэффициент точности обработки детали

$$K_{тч} = \frac{Q_{тч.н}}{Q_{тч.о}},$$

где $Q_{тч.н}$ – число размеров необоснованной степени точности обработки; $Q_{тч.о}$ – общее число размеров, подлежащих обработке.

коэффициент шероховатости поверхностей детали

$$K_{ш} = \frac{O_{ш.н}}{O_{ш.о}},$$

где $O_{ш.н}$ – число поверхностей детали необоснованной шероховатости, шт.; $O_{ш.о}$ – общее число поверхностей детали, подлежащих обработке, шт.

Отработка конструкции изделия на технологичность должна обеспечивать решение следующих основных задач: снижение трудоемкости и себестоимости изготовления, снижение расхода материала и топливно-энергетических ресурсов.

Повышение технологичности конструкции изделия предусматривает проведение следующих мероприятий:

- 1) создание конфигурации деталей и подбор их материалов, позволяющих применение наиболее совершенных исходных заготовок, сокращающих объем механической обработки;
- 2) важным резервом повышения производительности обработки является изменение и упрощение конфигурации деталей с целью унификации режущего инструмента и создания более благоприятных условий его работы, а также для облегчения и уменьшения объема механической обработки;
- 3) простановка размеров в чертежах с учетом требований их механической обработки и сборки, позволяющая выполнить обработку по принципу автоматического получения размеров на настроенных станках и обеспечивать совмещение конструкторских, измерительных и технологических баз.
- 4) упрощение конфигурации отдельных деталей, предельно возможное расширение допусков на изготовление и снижение требований к шероховатости обрабатываемых поверхностей с целью уменьшения объема и облегчения механической обработки;
- 5) создание конфигурации деталей, позволяющей применение наиболее совершенных и производительных методов механической обработки (многолезвийным, фасонным и многолезвийным инструментом, накатывание и вихревое нарезание резьбы);

б) проведение нормализации и унификации деталей и СЕ, являющихся предпосылками типизации ТП, унификации режущего и мерительного инструмента, а также внедрения групповой обработки;

7) если в конструкции изделия предусмотрены отверстия, необходимо учитывать следующее:

- по возможности они должны быть сквозными;
- производительная обработка отверстий сверлением в значительной степени определяется нормальными условиями врезания и выхода сверла;
- соосные отверстия, расположенные на двух или более параллельных осях, будут более технологичны, если их диаметры будут уменьшаться постепенно;
- глухие отверстия с резьбой должны иметь канавки для выхода инструмента или в них должен быть предусмотрен сбег резьбы;
- следует избегать наклонного расположения осей отверстий;

8) обрабатываемые плоскости не рекомендуется делать сплошными. Обрабатываемые плоскости следует располагать на одном уровне.

9) технологичность конструкции заготовок деталей предусматривает не только максимальную рационализацию механической обработки, но и упрощение процессов изготовления самих заготовок

Литые заготовки должны удовлетворять следующим требованиям:

а) толщина стенок отливок должна быть по возможности одинаковой, без резких переходов тонкостенных частей в толстостенные;

б) форма заготовки должна предусматривать простой, без затруднения разъем модели;

в) поверхности отливок, расположенные перпендикулярно плоскости разъема, должны иметь конструктивные литейные уклоны.

На чертежах штамповок должно быть предусмотрено:

а) отсутствие резких переходов в поперечных сечениях и усиление сечений в изгибах;

б) выполнение переходов от одного сечения к другому по дугам относительно больших размеров;

в) закругление острых ребер;

г) штамповочные уклоны.

Из вышесказанного следует, что понятие технологичности конструкции, по существу, не может быть абсолютным, оно меняется вместе с развитием производства и технологии, и для разных типов производства и даже для различных по характеру и уровню технологии предприятий, принадлежащих к одному типу производства (наличие парка станков с ЧПУ), это понятие неодинаково.

Лекция 4

ГЛАВА II. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

1. ДЕТАЛЬ КАК ОБЪЕКТ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Деталью называют изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций. Конструктивная форма детали образуется сочетанием объемов материала, ограниченных простыми геометрическими поверхностями - плоскостями, цилиндрами, конусами, сферами и т.д.

Конструктивная форма детали, набор поверхностей, которые её образуют, размерные соотношения между ними и их точность не являются плодом вольной фантазии конструктора, а определяются теми задачами служебного назначения, решение которых должна обеспечивать деталь. Другими словами, каждая поверхность детали имеет своё определённое функциональное назначение.

С точки зрения **СЛУЖЕБНОГО НАЗНАЧЕНИЯ** любая поверхность детали может быть отнесена к одной из следующих функциональных групп:

- **основная база (ОБ);**
- **вспомогательная база (ВБ);**
- **исполнительная поверхность машины или механизма (ИП);**
- **свободная поверхность (СП).**

Из теории базирования известно, что

Комплект основных баз детали составляют поверхности (либо их элементы), участвующие в определении положения этой детали в машине или сборочной единице.

Эти поверхности составляют комплект, лишаящий деталь всех шести возможных степеней свободы (схема полного базирования) или только части из них (схема неполного базирования).

На рис.1 показаны конструкции с полным (рис.1,а) и неполным (рис.1,б) базированием шестерни на валу. В первом случае в комплект основных баз шестерни входят отверстие, плоскость торца и боковая плоскость шпоночного паза. Во втором случае шестерня напрессована на вал в любом угловом положении, и её комплект основных баз составляют только поверхности отверстия и торца.

Комплект основных баз у любой детали может быть полным или неполным, но он обязательно есть и обязательно *только один*, так как выполняет единственную функцию: определяет положение этой детали в изделии (машине).

Комплект вспомогательных баз детали составляют поверхности, участвующие в определении положения в изделии (машине) другой детали, присоединяемой к данной.

На рис.1 показаны вспомогательные базы вала, используемые для определения положения шестерни. Как и для основных баз, комплект вспомогательных баз может быть полным или неполным. На рис.1,б комплект вспомогательных баз вала лишает шестерню пяти степеней свободы. Деталь может иметь несколько комплектов вспомогательных баз либо не иметь их совсем, это зависит от количества присоединяемых к ней деталей.

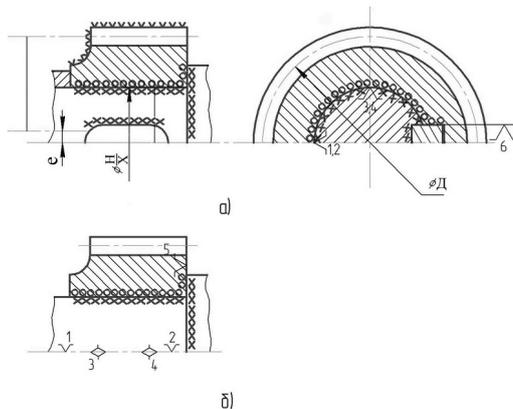


Рис.1. Схемы базирования шестерни на валу:
∞ - ОБ шестерни; xxx - ВБ вала; vvv - СП шестерни

Так, шестерня на рис.1,б не имеет вспомогательных баз, а вал на рис.1,а имеет два таких комплекта: один для шестерни и второй - для шпонки.

Некоторые детали имеют в своем составе исполнительные поверхности изделия (машины) или её механизмов.

Исполнительными поверхностями изделия (машины) называют те поверхности составляющих её деталей, которыми она выполняет своё служебное назначение.

Так, например, сверлильный станок выполняет своё назначение - обработку отверстий - сочетанием двух поверхностей: коническое отверстие шпинделя, куда устанавливается рабочий инструмент и плоскость стола, куда устанавливается заготовка или приспособление для её крепления. Взаимные движения этих поверхностей (вращение конической поверхности вокруг своей оси и поступательное перемещение ее перпендикулярно плоскости стола) реализуют кинематическую схему формообразования отверстия. Таким образом, только две детали сверлильного станка несут на себе его исполнительные поверхности - шпиндель и стол, остальные детали таких функциональных поверхностей не имеют.

Более широкую группу составляют детали, имеющие в своем составе исполнительные поверхности механизмов. Механизмы предназначены для преобразования движения одних тел в требуемые движения других тел.

Поэтому **исполнительными поверхностями механизмов** называют те поверхности составляющих их деталей, которыми производится преобразование движения по характеру, величине или направлению.

Например, в зубчатом механизме преобразование вращательного движения шестерни во вращательное в противоположном направлении и с другой частотой движение зубчатого колеса осуществляется при взаимодействии (перекатывании со скольжением) эвольвентных поверхностей зубьев шестерни и колеса. Эти поверхности и являются исполнительными поверхностями зубчатого механизма и принадлежат они двум деталям - колесу и шестерне. Другие детали зубчатого механизма (валы, шпонки, подшипники, корпус и т.д.) исполнительных поверхностей не имеют.

Свободные поверхности предназначены для ограничения материала, объединяющего в одно целое первые три группы поверхностей (см. рис.1,а). Они не сопрягаются с поверхностями других деталей, как правило, к их точности предъявляются невысокие требования.

2. АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ И РАЗМЕРНОГО ОПИСАНИЯ ДЕТАЛИ

2.1. Выявление и описание служебного назначения детали

Под **служебным назначением** детали понимают максимально уточненную и четко сформулированную задачу, для решения которой в сборочной единице предназначена деталь.

Для выявления и описания служебного назначения детали полезно, а иногда необходимо, иметь чертеж сборочной единицы, в которую рассматриваемая деталь входит [11].

Рассматривая чертеж сборочной единицы и детали в формулировке служебного назначения, раскрывающей назначение детали, необходимо сделать:

1 заключение о принадлежности детали к группе кинематических звеньев или к группе опорных (базовых) деталей. К группе кинематических звеньев относятся детали, посредством которых в сборочной единице производится преобразование движения по характеру, величине или направлению: например, шестерни, червяки, звездочки, шкивы и т.д. В группу опорных (базовых) деталей входят детали с базовыми поверхностями, определяющими положение других деталей в сборочной единице, например, корпус.

2. После уточнения принадлежности детали к той или иной группе следует описать функцию (или функции), которые эта деталь выполняет при работе сборочной единицы.

Если деталь представляет собой кинематическое звено, то нужно указать, какое движение она передает (трансформирует), от какой детали к какой, какова динамическая нагруженность детали, характер этой нагрузки (спокойная или меняющаяся, однонаправленная или переменная и т.д.), указать конструктивные элементы, воспринимающие и передающие движение и нагрузку (силу, момент).

Если деталь относится к группе опорных (базовых), нужно указать, положение каких деталей в сборочной единице она обеспечивает, выделить среди них те, взаимное положение которых особенно важно для работы сборочной единицы (машины, механизма), уточнить и описать причины, вызывающие особые требования к взаимному положению этих деталей.

В качестве примера описания служебного назначения детали рассмотрим промежуточный вал редуктора, представленный на рис.2.

Промежуточный вал входит в состав двухступенчатого цилиндрического редуктора и относится к группе опорных деталей. Положение вала в редукторе определяется посредством подшипников качения, устанавливаемых в базовых отверстиях корпуса редуктора. В свою очередь,

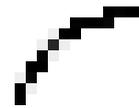


Рис. 2. Конструктивная форма и структура размерного описания промежуточного вала редуктора: xxx - ВБ; vvv - СП; - ОБ; 1-13 - номер поверхности; ① - ⑥ - размеры между поверхностями

вал определяет положение в редукторе шестерни и зубчатого колеса. Относительный проворот шестерни, зубчатого колеса и вала предотвращается с помощью шпонок, устанавливаемых на валу. Положение зубчатого колеса и шестерни по оси вала устанавливается за счет ступенчатости цилиндрических поверхностей. Конструкция вала должна обеспечивать передачу крутящего момента, оговоренного техническими характеристиками редуктора.

2.2. Выявление функционального назначения поверхностей детали и анализ их размерного описания

Используя рекомендации [13], методически эту работу технолога можно построить следующим образом:

1. Выявление исполнительных поверхностей детали и их размерного описания.

Исполнительные поверхности (ИП) имеют детали – кинематические звенья, такие как шестерни, червяки, звездочки, шкивы и т.д. Этими поверхностями деталь передает (получает) движение и нагрузку. Например, у шестерни – это эвольвентные поверхности зубьев, у шкива – конические поверхности ручья и т.д. Для ИП необходимо уяснить и описать условия их работы – характер взаимодействия с поверхностями работающих с ними в паре деталей (характер нагрузки, наличие трения скольжения, качения и т.д.). Анализируя имеющиеся на чертеже детали размеры и технические требования, необходимо выделить и выписать те из них, которые определяют размеры ИП, особые требования к точности формы, к шероховатости, к физико-механическим свойствам поверхностного слоя материала (цементация, закалка, другие виды поверхностного упрочнения). Объяснить необходимость и целесообразность предъявленных требований к точности ИП исходя из характера их работы. При этом по каждому показателю точности следует указать, как повлияет на

работу детали в СЕ или на ее долговечность невыполнение предъявленных чертежом требований. При анализе требований к точности ИП и характера их работы может быть обнаружена целесообразность задания некоторых дополнительных требований, отсутствующих на чертеже, но необходимых с точки зрения условий работы детали. В этом случае следует выдвинуть и обосновать предложения по внесению в чертеж дополнений.

Реже, но встречаются случаи задания на чертеже излишних требований к ИП, выполнение которых существенно не изменяет характер и качество работы детали, но потребует в производстве дополнительных затрат на их достижение. В этом случае следует выдвинуть и обосновать предложения по внесению изменений в чертеж детали.

2. Выявление основных баз детали и их размерного описания.

Каждая деталь имеет один и только один полный или неполный комплект поверхностей (осей, точек), которые в совокупности решают задачу определения положения анализируемой детали в СЕ. Для выявления этих поверхностей необходимо построить теоретическую схему базирования детали, распределив опорные точки по элементам детали, участвующим в базировании. Каждую базу, входящую в ОБ, следует отнести к соответствующим классификационным группам по числу лишаемых степеней свободы (установочная, направляющая и т.д.) и по конструктивному оформлению (явная, неявная). Необходимо обратить внимание и отметить наличие или отсутствие в схеме базирования неопределенности, выявить, координатное направление, в котором имеет место неопределенность базирования, и определить, что ограничивает перемещение детали в пределах неопределенности базирования (обычно это зазор в соединении этой детали с другой, которая ее базирует).

Анализируя размеры и технические требования чертежа детали, выделить и выписать по каждой поверхности, входящей в ОБ, ее размер и допуск на него, требования к точности формы, качеству поверхности. Затем необходимо выделить и выписать размеры и технические требования, определяющие взаимное положение поверхностей внутри комплекта ОБ (расстояния между поверхностями, их соосность, перпендикулярность, параллельность и т.п.).

В заключение следует объяснить необходимость и целесообразность имеющихся на чертеже размеров и требований к точности поверхностей ОБ и их взаимного расположения.

При анализе размерного описания ОБ детали могут возникнуть сомнения в достаточности размеров и технических требований для реализации теоретической схемы базирования и обеспечения точности базирования детали в каком-либо координатном направлении или в целесообразности какого-либо размера из имеющихся на чертеже. В этом случае следует обосновать и дать предложения по внесению изменений в чертеж детали.

3. Выявление вспомогательных баз детали и их размерного описания.

Деталь может иметь один или несколько комплектов ВБ в зависимости от количества деталей, присоединяемых к анализируемой. Поэтому вначале нужно выделить такие присоединяемые детали и пронумеровать их. Для определения положения каждой присоединяемой детали анализируемая имеет полный или неполный комплект поверхностей, составляющих ВБ соответствующего номера (ВБ1, ВБ2, ... ВБ_№).

Далее необходимо анализировать каждый комплект ВБ в отдельности. Методика этого анализа аналогична анализу ОБ, т.е. по каждому комплекту ВБ необходимо повторить действия, изложенные в шаге 2.

4. Выявление свободных поверхностей детали и их размерного описания.

Все оставшиеся вне рассмотрения после выполнения шагов 1...3 поверхности детали являются свободными, т.е. ограничивающими материал, необходимый для связи в одно целое первых трех групп поверхностей. Их следует все перечислить или пронумеровать.

Анализируя размеры и технические требования, следует выписать по каждой СП те, которые определяют ее размеры, точность и качество поверхности. Следует разделить СП на обрабатываемые и необрабатываемые (черные). Обычно требования к точности и качеству поверхности СП невысоки и одинаковы для всех или большинства из них. Поэтому их записывают одним пунктом в технических требованиях.

5. Выявление размерных связей между комплектами поверхностей деталей. На шагах 1... 4 выявлены и выписаны все размеры на чертеже, определяющие размеры каждой поверхности в отдельности и размеры, определяющие взаимное расположение поверхностей внутри комплекта, выполняющего одно функциональное назначение. Для нормальной же работы детали очень важно

обеспечить и взаимное положение комплектов между собой или по отношению к одному из них. Чаще всего положение всех поверхностей задается по отношению к основной базы детали, реже – по отношению к одному из ВБ.

Поэтому по каждому комплекту исполнительной поверхности и основной базы следует выявить и выписать размеры и технические требования, определяющие его положение на детали относительно ОБ или какого-либо другого комплекта поверхностей. Здесь особое внимание следует обратить на достаточность поставленных на чертеже размеров и технических требований для однозначного определения положения комплекта поверхностей на детали. В случае появления сомнений в достаточности или правильности имеющихся на чертеже требований, следует высказать предложения по внесению изменений в чертеже детали.

6. Проверка. На этом шаге следует проверить, не осталось ли вне поля зрения какая-нибудь поверхность детали. Если таковая оказалась, то это означает, что какой-либо из шагов 1...4 выполнен не в полном объеме. Следует определить принадлежность оставшейся поверхности к одной из групп (ИП, ОБ, ВБ, СП), вернуться на соответствующий шаг и дополнить ее.

Необходимо также проверить, не остался ли непроанализированным какой-нибудь размер или техническое требование чертежа. Если такое случилось, то это может означать, что какой-либо из этапов 1...5 выполнен не до конца или с ошибкой либо на чертеже детали есть избыточные размеры. Такие избыточные размеры оговариваются в чертеже как «размеры для справок». Если же такой оговорки нет, то следует обосновать предложение по изменению чертежа (снять избыточные размеры).

Следует обратить внимание на размерные связи комплектов черных и обработанных поверхностей детали. В каждом координатном направлении эти комплекты должны быть связаны между собой только одним размером.

На основании вышеизложенной методики ниже приведен пример анализа конструктивной формы промежуточного вала редуктора и его размерного описания (см.рис.2).

Вал не имеет исполнительных поверхностей, так как в соответствии со служебным назначением относится к группе опорных (базовых) деталей.

Вал имеет комплект основных баз, состоящих из двух цилиндрических поверхностей шеек под подшипники (2, 12), выполняющих в совокупности функцию двойной направляющей базы и плоскости торца (3), выполняющей функцию опорной базы. На основе этих поверхностей (2,12,3) построена собственная система координат $XOYZ$; комплект реализует схему неполного базирования, лишая вал пяти степеней свободы. Размеры и технические требования этого комплекта основных баз на рис.2 обозначены в кружке под индексом ①.

Вал имеет четыре комплекта вспомогательных баз:

1) для установки шестерни – состоит из цилиндрической поверхности (4), выполняющей функцию двойной направляющей базы, и плоскости торца (6), выполняющей функцию опорной базы (с системой координат $X_1O_1Y_1Z_1$) и лишает шестерню пяти степеней свободы;

2) для установки зубчатого колеса – состоит из цилиндрической поверхности (9), выполняющей функцию двойной направляющей базы, и плоскости торца (8), выполняющей функцию опорной базы (с системой координат $X_3O_3Y_3Z_3$), и лишает колесо пяти степеней свободы;

3) для установки шпонки шестерни – состоит из плоскости дна шпоночной канавки (5), выполняющей функцию установочной базы, боковой плоскости канавки, выполняющей функцию опорной базы, и цилиндрической поверхности закругления шпоночной канавки, выполняющей функцию опорной базы (с системой координат $X_2O_2Y_2Z_2$), лишает шпонку всех шести степеней свободы;

4) для установки шпонки зубчатого колеса – состоит из плоскости дна шпоночной канавки (10), выполняющей функцию установочной базы; боковой плоскости, выполняющей функцию направляющей базы, и цилиндрической поверхности закругления шпоночной канавки, выполняющей функцию опорной базы (с системой координат $X_4O_4Y_4Z_4$), лишает шпонку зубчатого колеса всех шести степеней свободы.

Размеры и технические требования четырех комплектов вспомогательных баз обозначены под индексом ②.

Вал имеет четыре свободных поверхности: одну цилиндрическую (7) и три торцевых (1,11,13). Размеры свободных поверхностей обозначены под индексом ③.

Размеры и технические требования, определяющие положения комплектов вспомогательных баз и свободных поверхностей относительно основных баз, обозначены индексом ④.

Размеры и технические требования, определяющие положение комплектов вспомогательных баз относительно друг друга, обозначены индексом ⑤.

Размеры, увязывающие свободные поверхности, обозначены индексом ⑥.

2.3. Анализ соответствия требований к точности детали ее служебному назначению

Требования точности изготовления детали находят отражение в рабочем чертеже: в виде графического изображения и текстовой части технических требований, расположенных над основной надписью.

Рабочий чертеж должен давать полное представление о детали (конфигурации, размерах всех поверхностей, материале, технических требованиях, методе получения заготовки) и полностью соответствовать стандартам ЕСКД на оформление чертежей (ГОСТ 2.109-68, 2.305-68, 2.307-68, 2.309-73, СТ СЭВ 368-76). Если оформление не соответствует действующим стандартам или для понимания чертежа недостает проекций, видов, разрезов, технолог должен доработать чертеж: добавить необходимые проекции и виды, уточнить данные о материале и термической обработке, нанести обозначения допусковых отклонений шероховатости поверхности и других недостающих данных или исправить устаревшие обозначения.

В технических требованиях конструктор указывает все необходимые требования к готовому изделию, не изображенные графически и вытекающие из его служебного назначения.

Технические требования на изготовление детали могут содержать следующее:

- предельные отклонения размеров, не оговоренных чертежом;
- шероховатость поверхности;
- допустимые отклонения формы поверхностей (прямолинейности, плоскостности, круглости, цилиндричности);
- допустимые отклонения взаимного расположения поверхностей (параллельность, перпендикулярность, соосность, симметричность, пресечение осей);
- суммарные допуски формы и расположения (радиального и торцевого биения; полного радиального и торцевого биения; формы заданного профиля, формы заданной поверхности);
- указания о требованиях к заготовке, виде термической обработки и твердости рабочих поверхностей.

Для некоторых деталей могут быть заданы и другие дополнительные требования, как-то: допустимая величина неуравновешенности, вид покрытия, контактная жёсткость, герметичность стыков и др.

Рабочий чертеж детали обычно содержит ограниченное число технических требований, которые устанавливаются с учетом служебного назначения детали и условий работы её в сборочной единице.

Допуски формы и расположения поверхностей устанавливаются и обозначаются по СТ СЭВ 368-76, СТ СЭВ 636-77 и ГОСТ 2.308-79. Если погрешность формы в технических требованиях не оговаривается, то она допустима в пределах допуска на размер. При контроле шероховатости поверхностей детали необходимо учитывать соответствие между требованиями точности и шероховатости.

Анализ технических требований производят исходя из служебного назначения детали в изделии и на основании ее чертежа. Устанавливают (выявляют), в какой мере то или иное требование способствует лучшему выполнению детали функционального и служебного назначения. При этом следует указать, что произойдет, если не будут выдержаны заданные чертежом технические требования. Необходимо также указать, каким образом в процессе обработки детали могут быть выполнены заданные технические требования и каким методом проверки предполагается контролировать выполнение указанных требований.

Проводя анализ чертежа конкретной детали и технических требований на ее изготовление, необходимо выявить наиболее ответственные поверхности и размеры. Они характеризуются наиболее жесткими требованиями к шероховатости поверхности, точности размеров и формы.

Деталь - составная часть сборочной единицы (изделия), многие ее размеры являются звеньями сборочных размерных цепей или оказывают влияние на качество сопряжения и взаимное расположение сопрягаемых деталей. Поэтому необходимо изучить назначение детали в узле и влияние ее параметров на качество собранного изделия, ознакомиться с чертежом сборочной единицы, изучить принцип ее работы и технические требования на сборку. Если на сборочном чертеже отсутствуют присоединительные размеры и размер сопряжений, то технолог должен, зная служебное назначение сборочной единицы, принцип работы, эксплуатационные и точностные характеристики, проставить их самостоятельно. При этом можно воспользоваться информацией из чертежей деталей, входящих в анализируемую сборочную единицу и контактирующих с изучаемой деталью.

Анализ соответствия требований точности детали ее служебному назначению в работе [24] рекомендуется выполнять в такой последовательности:

1. Рассмотреть предъявляемые требования к заготовке, термической обработке её, к твердости рабочих поверхностей с учетом назначения и условий работы детали в сборочной единице.
2. Выявить размеры детали, имеющие наиболее жесткие допуски, и установить соответствие их служебному назначению исходя из условий эксплуатации детали.
3. Проверить, какие имеются в технических требованиях ограничения по отклонениям формы и взаимного расположения поверхностей, суммарные допуски формы и расположения. Дать обоснования необходимости их выполнения на основе анализа чертежа сборочной единицы и условий работы детали.
4. Проверить, соответствует ли заданная конструктором шероховатость поверхностей требуемой точности обработки или служебному назначению поверхности детали в сборочной единице. Завышенные требования к точности и шероховатости приводят к усложнению

технологического процесса и повышению трудоемкости обработки. Резкое повышение трудоемкости обработки детали происходит при точности наружных поверхностей выше 5-го качества и значений шероховатости меньше $R_a 0,63$ мкм, а отверстий - выше 6-го качества и значений шероховатости меньше $R_a 2,5$ мкм.

Результаты анализа технических требований чертежа конкретной детали выявляют технологические задачи; определяют методы окончательной обработки поверхностей и дают представление о маршруте обработки элементарной поверхности, определяют схему базирования и обработки всей детали, а также выбор методов контроля заданных требований.

В качестве примера проведем анализ технических требований чертежа детали "крышка" редуктора (рис.3), изготавливаемую литьем из чугуна марки СЧ 20. Крышка в комплексе с корпусом образует замкнутую полость редуктора, в которой расположены зубчатые передачи и масляная ванна. Стык крышки с корпусом должен быть герметичен. В стенке крышки располагается ступица опорного подшипника вала редуктора.

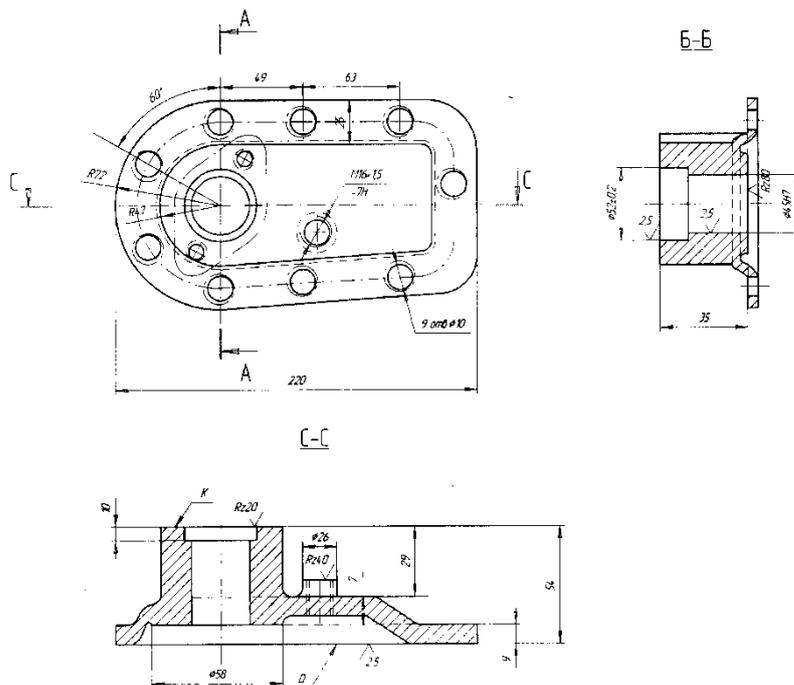


Рис.3. Чертеж крышки редуктора (отливка 3-го класса точности. Отклонение от плоскостности поверхностей К и Д не более 0,05 мм)

Изучение чертежа детали и технических требований показывает, что отливку необходимо термообработать перед механической обработкой; наибольшую точность обработки требуют отверстия $\varnothing 45H7$ и $\varnothing 52 \pm 0,02$ мм; имеются ограничения погрешности формы и взаимного расположения поверхностей детали.

Проанализируем последовательно эти требования с точки зрения их обоснованности и соответствия служебному назначению детали.

1. Термическая обработка для снятия внутренних напряжений. Чугунные отливки после черновой обработки подвергаются искусственному старению (по соответствующему терморегиму) с целью снятия внутренних напряжений, возникающих в отливке в процессе охлаждения и затвердения металла в форме. Это обеспечивает в процессе эксплуатации детали стабильность размеров после механической обработки.

2. Точность размера отверстия $\varnothing 45H7^{+0,027}$ мм обусловлена характером сопряжения его с валом редуктора ($\varnothing 45H7/g6$) и условием работы пары трения скольжения. Отверстие $\varnothing 52 \pm 0,02$ мм предназначено для посадки уплотнительного кольца. Точность размера установлена из условия обеспечения герметичности соединения (предупреждение течи масла).

3. Ограничения по неплоскостности плоскости разъема "Д" и торца ступицы "К" в пределах 0,05 мм обусловлены тем, что плоскость крышки "Д" в сопряжении с корпусом редуктора, а торец "К" - в стыке с уплотнением фланца должны обеспечить герметичность.

4. Отклонения взаимного расположения поверхностей детали оговорены величиной перпендикулярности оси отверстия "Л" ($\varnothing 45H7$) относительно поверхности "Д" в пределах 0,03

мм. Анализ чертежа сборочной единицы показывает, что такое ограничение необходимо, в противном случае в сопряжении вала с отверстием не будет обеспечен линейный контакт из-за возможного перекоса осей отверстий крышки и корпуса после их сборки, возможно защемление вала.

5. Заданная шероховатость ($R_a = 2,5$ мкм) поверхностей отверстий $\varnothing 45H7$ и $\varnothing 52 \pm 0,02$ мм находится в пределах существующего соответствия точности обработки. Завышенный класс шероховатости (меньшая шероховатость) поверхности "Д" объясняется требованием плоскостности для обеспечения герметичности в стыке крышки с корпусом.

Результаты анализа технолог использует при разработке технологии обработки детали и выборе средств контроля, определяет, какими технологическими приемами можно обеспечить выполнение каждого требования точности размеров и шероховатости поверхности и какими способами можно проверить полученные результаты. Например, обработка литого отверстия с точностью размера $\varnothing 47H7^{+0,027}$ мм, $R_a=2,5$ мкм может быть обеспечена при таком маршруте обработки: зенкерование черновое, зенкерование чистовое, развертывание нормальное с окончательной обработкой - развертывание точное, обеспечивающее точность размера отверстия $T=0,025$ мм и шероховатость поверхности $R_a=2,5$ мкм [29,30].

Для обеспечения перпендикулярности оси отверстия $\varnothing 47H7$ относительно плоскости "Д" (в пределах 0,03 мм) в качестве технологической базы при обработке отверстия необходимо использовать плоскость "Д".

Контроль отклонения от перпендикулярности оси отверстия относительно плоскости разъема "Д" технологичнее производить с базированием измерительного устройства по отверстию $\varnothing 47H7$.

На основе проведенного таким образом анализа требований чертежа представляется возможность более правильно решить вопрос о выборе поверхностей заготовки, используемых в качестве технологических баз, определить методы и последовательность обработки поверхностей, а также и способы контроля заданных требований.

Лекция 5

Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления

Методы изготовления заготовок деталей машин определяются технологическими свойствами их материала, формой, габаритами, типом производства и категорией ответственности детали.

В действующем производстве учитываются возможности заготовительных цехов и плановые сроки подготовки производства (проектирование и изготовление технологической оснастки). Кроме того, принимаются во внимание прогрессивные тенденции развития технологии машиностроения, в соответствии с которыми рекомендуется переносить большую часть процесса формообразования детали на заготовительную стадию и тем самым снижать расход материала и долю затрат на механическую обработку. В большинстве случаев производительность заготовительных процессов на порядок выше производительности процессов механической обработки.

По мере усложнения конфигурации заготовки и повышения ее точности усложняется и удорожается технологическая оснастка и возрастает себестоимость заготовки. Но при этом снижается трудоемкость и себестоимость последующей механической обработки.

Класс методов изготовления заготовки определяется конфигурацией детали и ее материалом. Всего в машиностроении используется пять классов методов изготовления заготовок:

- 1) отделение (отрезание, вырезание) от сортового проката (прутки, листы и т.д.);
- 2) обработка давлением;
- 3) литье;
- 4) порошковая металлургия;

5) комбинированные методы (штампосварные и литосварные заготовки) в которых сварка служит для соединения отдельных частей заготовки, предварительно изготовленных литьем, штамповкой или отделением от проката.

Для отделения заготовок от проката может использоваться один из следующих способов:

1) газовая резка из листового проката толщиной до 100 – 200 мм; 2) резка на пресс-ножницах с прямыми и фасонными ножами; 3) резка на гильотинных ножницах; 4) резка на дисковых ножницах.

Отделение заготовок от круглого проката может осуществляться на механических и гидравлических прессах, на дисковых или ленточных пилах, на приводных ножовках, на фрезерно-отрезных, токарно-отрезных, абразивно-отрезных станках и установках.

Заготовки из круглого проката применяются в основном в мелкосерийном производстве или в тех случаях, когда разность в диаметрах ступеней детали мала.

Обработка заготовок давлением реализуется путемковки, штамповки и других способов.

Ковкой получают заготовки относительно простой формы со значительными допусками.

Штамповка в открытых штампах позволяет получать заготовки, форма которых существенно приближается к форме детали.

При штамповке в закрытых штампах получают более точные заготовки и расходуют меньше материала, чем в открытых, но закрытые штампы несколько ограничивают форму заготовки.

Прогрессивным методом является штамповка на ГКМ.

Среди отливок до 80% по массе занимают заготовки изготовленные литьем в песчаные формы. По конфигурации отливки делятся на пять групп сложности. В 80% случаях вид заготовки определяется материалом детали. Затем учитывают вид и конфигурацию детали.

Для ответственных деталей используют заготовки, полученные горячей штамповкой. Если по условиям производства можно применять и литье и штамповку, то следует учитывать, что трудоемкость обработки литых заготовок в среднем на 15 – 30% ниже штампованных.

5.5. Проектирование заготовки

Задачами технолога при проектировании является:

1) Определить вид заготовки, используемый для изготовления данной детали; определение метода получения заготовки; является функцией специалиста – технолога литейщика или давленца;

2) Наметить расположение плоскости разъема; которое определяет распределение напусков, формовочных, штамповочных уклонов;

Выбор метода получения заготовки определяется следующими факторами:

- материал детали;
- конфигурация детали;
- категория ответственности детали.

Материал детали на 90% определяет выбор заготовки. Материалы делятся на литейные (СЧ 24, КЧ, ВЧ, АЛ2, АЛ9, АЛ27, МА, ЛС59-1, Сталь35Л);

ОМД Д1, Д2, Д16, Амг, стали, Амц, латунь Л62.

Конфигурация детали:

Детали с большими внутренними полостями получают литьем.

Категория ответственности:

I категория – относятся детали поломка которых ведет к катастрофе (запрещаются детали получаемые литьем);

II категория – относятся детали поломка которых ведет к потере функциональных возможностей, но не влечет катастрофических последствий;

III категория – детали декоративного назначения поломка которых не отражается на работе машины (без ограничений).

Определение положения плоскости разъема

При назначении расположения плоскости разъема технолог руководствуется 2-мя правилами:

1) Плоскость разъема должна проходить через наибольший габаритный размер детали;

2) Расположение плоскости разъема должно обеспечивать базирование на первой операции;

Технико-экономическое обоснование выбора заготовки для обрабатываемой детали производят по нескольким направлениям: металлоемкости, трудоемкости и себестоимости, учитывая при этом конкретные производственные условия. Технико-экономическое обоснование ведется по двум или нескольким выбранным вариантам. При экономической оценке определяют металлоемкость, себестоимость или трудоемкость каждого выбранного варианта изготовления заготовки, а затем их сопоставляют.

Технико-экономический расчет изготовления заготовки производят в следующем порядке:

- устанавливают метод получения заготовки согласно типу производства, конструкции детали, материалу и другим техническим требованиям на изготовление детали.
- назначают припуски на обрабатываемые поверхности детали согласно выбранному методу получения заготовки по нормативным таблицам или производят расчет аналитическим методом;
- определяют расчетные размеры на каждую поверхность заготовки;
- назначают предельные отклонения на размеры заготовки по нормативным таблицам в зависимости от метода получения заготовки;
- производят расчет массы заготовки на сопоставляемые варианты;
- определяют норму расхода материала с учетом неизбежных технологических потерь для каждого вида заготовки (некратность, на отрезание, угар, облой и т.д.);
- определяют коэффициент использования материала по каждому из вариантов изготовления заготовок с технологическими потерями и без потерь;
- определяют себестоимость выбранных для сопоставления и определения экономического эффекта вариантов изготовления заготовки;
- определяют годовую экономию материала от сопоставляемых вариантов изготовления заготовки;
- определяют годовую экономию от выбранного варианта изготовления заготовки в денежном выражении.

Величину припуска на механическую обработку стальных поковок общего назначения, изготавливаемых горячей объемной штамповкой на разных видах кузнечно-прессового оборудования, отливок, получаемых разными методами литья (стали, чугуна и цветных металлов), определяют по табличным нормативам согласно массе заготовки, точности ее изготовления, группе стали, степени сложности, габаритным размерам, шероховатости обрабатываемых поверхностей и другим конструктивным элементам детали и техническим требованиям на её изготовление.

При изготовлении заготовок, подвергающихся нагреву, допускается увеличение припуска на сторону обрабатываемой поверхности:

Масса поковки, кг	До 2,5	2,5 - 6	Св. 6
Увеличение припуска, мм.....	0,5	0,8	1

В зависимости от технических требований к точности размеров, условий и характеру производства (массовое или серийное) заготовки, полученные методом горячей объемной штамповки, подразделяются на повышенную точность (класс I) и нормальную точность (класс II). Для различных размеров одной и той же заготовки допускается применять различные классы точности.

Классы точности необходимо указывать в технических требованиях рабочего чертежа заготовки.

Категория поковок характеризуется группой стали, условно обозначаемой M1 и M2. К группе M1 относятся углеродистые и легированные стали с содержанием углерода до 0,75% и легирующих элементов до 2,0%. К группе M2 относятся легированные стали, не указанные в группе M1.

Заготовки, изготавливаемые горячей объемной штамповкой на различных видах кузнечно-прессового оборудования, подразделяются на четыре степени сложности: C1, C2, C3 и C4.

Степень сложности – отношение массы (объема) штамповки к массе (объему) фигуры, в которую вписывается штамповка. Степень сложности принимаем по ГОСТ 7505-89.

$$C = G_{\text{п}}/G_{\text{ф}} \text{ или } C = V_{\text{п}}/V_{\text{ф}},$$

где $G_{\text{п}}$ – масса поковки, кг; $G_{\text{ф}}$ – масса фигуры, кг; $V_{\text{п}}$ – объем поковки, см³; $V_{\text{ф}}$ – объем фигуры, см³.

Степени сложности характеризуются следующими величинами:

C1 – Св. 0,63 до 1,00;

C3 – Св. 0,16 до 0,32

C2 – Св. 0,32 до 0,63;

C4 – До 0,16.

Расчетные размеры для заготовки определяют по следующим формулам:

при обработке наружных и внутренних поверхностей тел принимают вращения (для внутренних поверхностей с обратным знаком)

$$D_p = D_{\text{ном}} + 2Z_o;$$

при односторонней обработке плоских поверхностей

$$H_p = H_{\text{ном}} + Z_o,$$

где D_p – расчетный диаметр заготовки, мм; $D_{\text{ном}}$ – номинальный диаметр обрабатываемой поверхности детали, мм; Z_o – общий припуск на обработку на одну сторону, мм; H_p – расчетный размер плоской поверхности, мм; $H_{\text{ном}}$ – номинальный размер обрабатываемой плоской поверхности, мм.

Расчетные размеры на заготовку округляют исходя из технологических возможностей оборудования и экономической целесообразности принятой точности. Рекомендуется расчетные размеры заготовок округлять в сторону увеличения припусков в зависимости от степени точности и типа производства.

Отклонения (допуски) на размеры заготовок назначают по таблицам в зависимости от метода получения заготовок (прокат, литье, штамповка и др.). Так, на рис.4 представлена схема определения допусков на штампованные поковки повышенной и нормальной точности (по табл.2, 3) на основе четырех основных параметров: масса поковки, группа стали, степень сложности и размер.

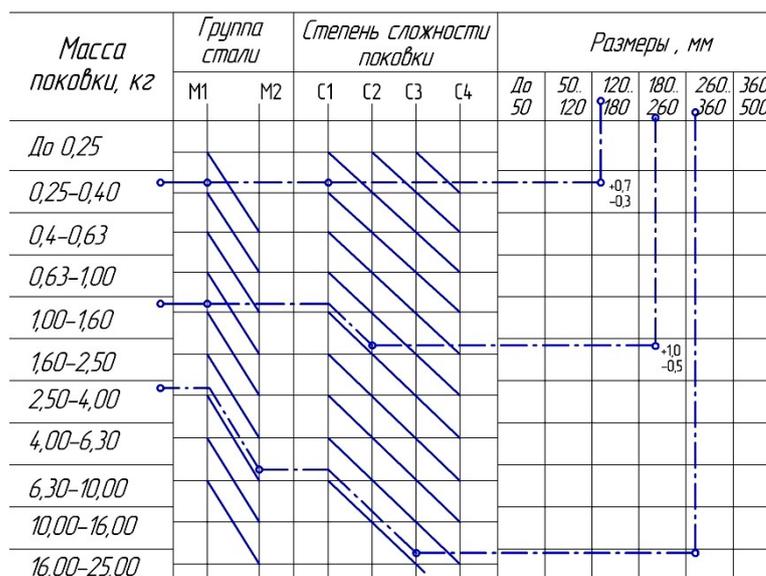


Рис.4. Схема определения допусков на размер

Пример 1. Поковка класса I, масса 1,4 кг. Группа стали M1 и степень сложности поковки C2.

Определить по таблице допуск на размер заготовки 250 мм. Допуск на размер равен $+1,0$
 $-0,5$ мм (см. табл. 2).

Пример 2. Поковка класса I, масса 0,35 кг. Группа стали M1 и степень сложности C1.

Определить по таблице допуск на размер заготовки 160 мм. Допуск на размер заготовки равен $+0,7$
 $-0,3$ мм (см. табл. 2).

Пример 3. Поковка класса I, масса 2,8 кг. Группа стали M2 и степень сложности C3.

Определить по таблице допуск на размер заготовки 280 мм. Допуск на размер заготовки равен $+1,5$
 $-1,0$ мм (см. табл. 2).

Допуски на внутренние размеры поволоков должны устанавливаться с обратными знаками, например, если для наружной поверхности диаметром 80 мм установлен допуск $+1,2$
 $-0,6$, то для внутреннего диаметра 80 мм допуск будет равен $+0,6$
 $-1,2$.

Масса поковки, кг	Группа стали		Степень сложности		Размер поковки, мм									
	M1	M2	C1	C2 C3 C4	До 50	50-120	120-180	180-260	260-360	360-500	500-630	630-800	800-1000	
10,0-16,0					1	+1,0	+1,2	+1,3	+1,4	+1,5	+1,7	+1,8	+2,0	
					0	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-1,0	-1,1	-1,2	-1,2	
16,0-25,0					1	+1,9	+2,4	+2,5	+3,0	+3,0	+3,5	+4,0	+4,5	
					1	-1,0	-1,2	-1,5	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5	
25,0-40,0					1	+2,1	+2,5	+3,0	+3,0	+3,5	+4,0	+4,0	+4,5	
					2	-1,1	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5	-2,0	-2,5	
40,0-63,0					1	+2,4	+3,0	+3,5	+3,5	+4,0	+4,0	+4,5	+5,0	
					3	-1,2	-1,5	-1,6	-2,0	-2,0	-2,5	-3,0	-3,0	
63,0-100,0					1	+2,5	+3,5	+3,5	+4,0	+4,0	+4,5	+4,5	+5,0	
					4	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5	-2,5	-3,0	-3,0	
100,0-160,0					1	+3,0	+3,5	+4,0	+4,5	+4,5	+5,0	+5,0	+5,5	
					5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5	-3,0	-3,0	-3,5	-3,5	
160,0-250,0					1	+3,5	+4,0	+5,0	+5,0	+5,0	+5,5	+5,5	+6,0	
					6	-0,8	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-3,5	-4,0	-4,0	
250,0-400,0					1	+3,5	+4,0	+5,5	+5,5	+5,5	+6,0	+6,5	+6,5	
					7	-2,0	-2,5	-2,5	-3,0	-3,5	-3,5	-3,5	-4,0	
					1	+4,0	+5,5	+6,0	+6,0	+6,5	+6,5	+7,0	+7,0	
					8	-2,0	-2,5	-3,5	-4,0	-4,0	-4,5	-4,5	-5,0	

Допуски (мм) на штампованные поковки нормальной точности (по ГОСТ 7505-74) [12]

Масса поковки, кг	Группа стали		Степень сложности		Размер поковки, мм									
	M1	M2	C1	C2 C3 C4	До 50	50-120	120-	180-	260-	360-	500-	630-	800-	
					180	360	500	630	800	1000				
До 0,25				1	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	+1,0	+1,2	+1,2	+1,2	+1,2	
					-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	
0,25-0,40				2	+0,7	+0,8	+0,9	+1,0	+1,2	+1,3	+1,3	+1,3	+1,3	
					-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	
0,40-0,63				3	+0,8	+0,9	+1,1	+1,2	+1,3	+1,4	+1,4	+1,4	+1,4	
					-0,4	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	-0,8	-0,8	-0,8	
0,63-1,0				4	+0,9	+1,1	+1,2	+1,3	+1,4	+1,5	+1,5	+1,5	+1,5	
					-0,5	-0,6	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	
1,00-1,60				5	+1,1	+1,2	+1,3	+1,4	+1,6	+1,6	+1,6	+1,6	+1,6	
					-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,8	-1,0	-1,0	-1,1	-1,2	
1,60-2,5				6	+1,2	+1,3	+1,3	+1,6	+1,7	+1,8	+1,8	+1,8	+1,8	
					-0,6	-0,7	-0,7	-0,8	-0,9	-1,1	-1,1	-1,2	-1,4	
2,5-4,0				7	+1,3	+1,5	+1,6	+1,9	+2,0	+2,2	+2,2	+2,2	+2,2	
					-0,7	-0,7	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4	-1,5	-1,5	-1,5	
4,00-6,30				8	+1,5	+1,6	+1,6	+1,6	+1,6	+1,6	+1,6	+1,6	+1,6	
					-0,7	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	
6,30-10,0				9	+1,6	+1,7	+1,9	+2,1	+2,2	+2,5	+2,5	+2,5	+2,5	
					-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,4	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	

Масса поковки, кг	Группа стали		Степень сложности		Размер поковки, мм									
	M1	M2	C1	C2 C3 C4	До 50	50-120	120- 180	180- 260	260- 360	360- 500	500- 630	630- 800	800- 1000	
6,30-10,0					1	+1,9	+2,4	+2,5	+3,0	+3,0	+3,5	+4,0	+4,0	
					1	-1,0	-1,2	-1,5	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5	
10,0-16,0					1	+2,1	+2,4	+3,0	+3,0	+3,5	+4,0	+4,0	+4,5	
					2	-1,1	-1,2	-1,5	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,5	
16,0-25,0					1	+2,4	+2,5	+3,5	+3,5	+4,0	+4,0	+4,5	+4,5	
					3	-1,2	-1,5	-1,6	-2,0	-2,0	-2,5	-2,5	-3,0	
25,0-40,0					1	+2,5	+3,0	+3,5	+4,0	+4,0	+4,0	+4,5	+5,0	
					4	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5	-2,5	-3,0	-3,0	
40,0-63,0					1	+3,0	+3,5	+4,0	+4,5	+4,5	+5,0	+5,0	+5,5	
					5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5	-3,0	-3,0	-3,5	-3,5	
63,0- 100,0					1	+3,5	+4,0	+5,0	+5,0	+5,0	+5,5	+5,5	+6,0	
					6	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-3,5	-4,0	-4,0	
100,0- 160,0					1	+3,5	+4,0	+5,0	+5,5	+6,0	+6,0	+6,5	+6,5	
					7	-0,8	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-3,5	-4,0	-4,0	
160,0- 250,0					1	+4,0	+5,0	+6,0	+6,0	+6,5	+7,0	+7,0	+7,0	
					8	-2,0	-2,5	-3,5	-4,0	-4,0	-4,5	-4,5	-5,0	

Допускаемые отклонения на размеры для отливок из серого чугуна назначают по ГОСТ 1855-55, для стальных фасонных отливок – по ГОСТ 2009-55 (табл.4).

Таблица 4

Допускаемые отклонения (\pm) на размеры чугунных и стальных отливок по ГОСТ 1855-55 и ГОСТ 2009-55 [29]
Размеры, мм

Размеры отливки	Номинальный размер детали					
	50	До 5	12	26	50	800
		0-120	0-260	0-500	0-800	-1250
I класс точности						
До 120	0,2	0	-	-	-	-
120-260	0,3	,3	0,	-	-	-
260-500	0,4	0	6	1,	-	-
500-1250	0,6	,4	0,	0	1,	1,6
1250-3150	0,8	0	8	1,	4	2,0
3150-5000	1,0	,6	1,	4	1,	2,5
		0	0	1,	6	
		,8	1,	4	2,	
		1	2	1,	0	
		,0	1,	8		
		1	5			
		,2				
II класс точности						
До 260	0,5	0	1,	-	-	-
260-500	0,8	,8	0	1,	-	-
500-120	1,0	1	1,	5	2,	3,0
1250-3150	1,2	,0	2	2,	5	4,0
3150-6300	1,5	1	1,	0	2,	5,0
		,2	5	2,	0	
		1	2,	5	4,	
		,5	0	3,	0	
		1	2,	0		
		,8	2			
III класс точности						
До 500	1,0	1	2,	2,	-	-
500-1250	1,2	,5	0	5	4,	5,0
1250-3150	1,5	1	2,	3,	0	6,0
		,8	2	0	5,	
		2	2,	3,	0	
		,0	5	5		

Допуск на размеры заготовок, изготавливаемых горячей объемной штамповкой на различных видах кузнечно-прессового оборудования, определяют по ГОСТ 7505-74 «Допуски, припуски и кузнечные напуски» (см.табл. 2 и 3).

К кузнечным напускам относятся штамповочные уклоны, внутренние радиусы скруглений, перемычки отверстий заготовки и другие дополняющие припуски. Величину штамповочных уклонов определяют от ГОСТ 7505-74 (табл.5).

Таблица 5

Штамповочные уклоны для заготовки (в градусах) [29]

Штамповочное оборудование	Штамповочные уклоны	
	внешние	внутренние
Молоты	7	10
Прессы с выталкивателем	5	7
Горизонтально-ковочные	5	7

машины		
--------	--	--

Допускаемые отклонения от соосности прошиваемых в поковках отверстий к наружным поверхностям определяются по табличным нормативам и не зависят от других допусков, а являются дополнением к ним (табл.6).

Таблица 6

Допускаемые отклонения от соосности прошиваемых отверстий к наружным поверхностям, мм [29]

Размер поковки	Поле допуска для класса точности	
	I	II
До 60	0,5	0,8
60-100	0,6	1,0
100-160	0,8	1,5
160-250	1,2	2,0
250-360	1,6	2,5
360-500	2,0	3,0
500-630	2,5	3,5
630-800	3,0	4,0

Допускаемые отклонения от плоскостности, вогнутости, прямолинейности (для цилиндрических поверхностей) определяют по табличным нормативам (табл.7). Допускаемые отклонения на межцентровые расстояния в поковках определяют по табл.8. Предельные отклонения на угловые элементы поковок определяют по табл.9. Отклонения на радиусы скруглений поковок определяют по табл.10.

Таблица 7

Допускаемые отклонения от плоскостности, вогнутости, прямолинейности и по радиальному биению, мм [29]

Размер поковки	Допускаемые отклонения для классов точности	
	I	II
До 60	0,25	0,40
60-100	0,40	0,60
100-160	0,50	0,80
160-250	0,60	1,00
250-360	0,80	1,2
360-500	1,00	1,5
500-630	1,50	2,00
630-800	1,80	2,50
800-100	2,00	3,00

Таблица 8

Допускаемые отклонения (\pm) на межцентровые расстояния, мм [9]

Расстояние между центрами поковки А	Допуск для класса точности	
	I	II
До 60	0,20	0,30
60-100	0,25	0,50
100-160	0,40	0,80
160-250	0,50	1,00
250-400	0,75	1,50
400-600	1,20	2,00
600-800	1,50	2,50
800-1000	2,00	3,00
1000-1250	2,50	3,50

Отклонения на угловые размеры поковок [9]

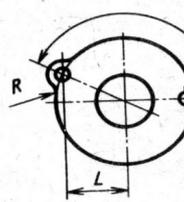
	Длина угловых элементов L, мм	Допуск для класса точности	
		I	II
	До 25	$\pm 1^\circ$	$\pm 3^\circ$
	25-60	30'	00'
	60-100	$\pm 0^\circ$	$\pm 1^\circ$
	100-160	45'	30'
	160 Св.	$\pm 0^\circ$	$\pm 0^\circ$
	160	30'	45'
		$\pm 0^\circ$	$\pm 0^\circ$
		15'	30'
		$\pm 0^\circ$	$\pm 0^\circ$
		10'	15'

Таблица радиусы

10

Отклонения на скруглений, мм

(см. эскиз к табл.9) [9]

Радиусы скруглений поковки R	Допуск для класса точности	
	I	II
До 3	1	2
3-6	2	3
6-10	3	5
10-16	5	8
16-25	8	12
25-40	15	20
40-60	20	30

Выполнение сквозных отверстий и углублений в горячих объемных штамповках, изготавливаемых на прессах и молотах, обязательно, если оси отверстий или углублений совпадают с направлением движения ползуна пресса или бабы молота. Диаметр углублений или отверстий должен быть большим или равен высоте поковок, но не менее 30 мм.

При изготовлении сквозных отверстий и углублений на горизонтально-ковочных машинах является обязательным, чтобы оси данных элементов совпадали с направлением движения высадочного ползуна, а диаметры или размеры прошиваемых отверстий и углублений были бы не менее 30 мм, глубина не должна превышать трех диаметров данного отверстия. Обычно глубина отверстий в штамповочных поковках составляет не более 0,8 их диаметра.

По принятым размерам, допускам, штамповочным уклонам, радиусам скруглений и другим параметрам разрабатывается эскиз заготовки, который является исходным для технико-экономических расчетов.

Масса заготовки находится из формулы

$$G_3 = \rho \cdot V_3,$$

где ρ – плотность материала, кг/см³; V_3 – объем заготовки, см³.

Объем заготовки определяется по плюсовым допускам. Обычно сложную фигуру заготовки условно разбивают на элементарные части (цилиндры, конусы, пирамиды и т.д.) и определяют объемы этих элементарных частей. Сумма элементарных объемов составит общий объем заготовки.

Норму расхода материала на проектируемую деталь определяют, принимая во внимание все потери материала (угар, облой, некротность, на отрезку и т.д.), в зависимости от метода получения заготовки.

Потери материала на деталь, изготавливаемую из проката, состоят из некротности длины проката, торцевой обрезки, прорезки и удаляемых опорных концов. Длина торцевой обрезки зависит от размеров сечения проката и при резке ножницами обычно составляет $L_{o.r} = (0,3 \dots 0,5) a$, где a –

сторона квадрата (диаметр круга). Прорезка определяется в зависимости от толщины дисковой пилы или ширины резца. Ширина прореза сегментной дисковой пилы диаметром 660 мм – 6 мм, а диаметром 710 мм – 6,5 мм.

Ширина режущей части резца при разрезке проката на станках токарного типа зависит от диаметра заготовки:

Диаметр заготовки, мм 40-60; 60-80; 80-100; 100-150
 Ширина режущей части резца, мм 3-5; 4-5; 5-6; 6-7

Некратность длины проката определяется исходя из выбранной длины проката и заготовки с учетом потерь от выбранного метода заготовительного раскроя. При расчете некратности длины проката необходимо стремиться к нулю или минимальным величинам. Средневероятная расчетная длина некратности при раскрое немереного проката составляет примерно половину длины заготовки.

Некратность в зависимости от принятой длины проката

$$L_{\text{нк}} = L_{\text{пр}} - x (L_3 + l_p),$$

где $L_{\text{пр}}$ – длина выбранного проката, мм; x – число заготовок, изготавливаемых из принятой длины проката, шт; L_3 – длина заготовки, мм; l_p – ширина реза, мм.

Число заготовок, изготавливаемых из принятой длины проката,

$$x = \frac{L_{\text{пр}} - l_{\text{о.т}} - l_{\text{з.ж}}}{L_3 + l_p},$$

где $l_{\text{о.т}}$ – длина торцевой обрезки проката, мм; $l_{\text{з.ж}}$ – минимальная длина опорного (зажимного) конца, мм.

Минимальная длина опорного конца зависит от конструкции технологического оборудования и зажимных элементов приспособления для данного станка. Она должна быть достаточной для создания надежного контакта при уравнивании опрокидывающего момента (обычно не менее 10-20 мм); ее выбирают в каждом отдельном конкретном случае.

Общие потери материала (%) при изготовлении деталей из проката

$$П_{\text{п.о}} = П_{\text{нк}} + П_{\text{о.т}} + П_{\text{з.ж}} + П_{\text{отр}},$$

где $П_{\text{нк}}$ – потери материала на некратность, %;

$$П_{\text{нк}} = (L_{\text{нк}} \cdot 100) / L_{\text{пр}};$$

$П_{\text{о.т}}$ – потери на торцевую обрезку проката, %

$$П_{\text{о.т}} = (l_{\text{о.т}} \cdot 100) / L_{\text{пр}};$$

$П_{\text{з.ж}}$ – потери при выбранной длине зажима, %

$$П_{\text{з.ж}} = (l_{\text{з.ж}} \cdot 100) / L_{\text{пр}};$$

$П_{\text{отр}}$ – потери на отрезку заготовки, %

$$П_{\text{отр}} = (l_p \cdot 100) / L_{\text{пр}}.$$

Отходы при механической обработке металлов по разным видам заготовок от чистой массы деталей в среднем составляют для отливок чугунных, стальных, бронзовых 15...20%; свободнойковки 15...40%, объемной горячей штамповки 10%; проката (стали) 15%.

Коэффициент использования материала, выражающий отношение массы детали к массе заготовки, является основным показателем, характеризующим экономичность выбранного метода изготовления заготовок. Коэффициент использования материала с учетом технологических потерь

$$K_{\text{и.м}} = G_{\text{д}} / G_{\text{з.п}},$$

где $G_{\text{д}}$ – масса детали по рабочему чертежу, кг; $G_{\text{з.п}}$ – расход материала на одну деталь с учетом технологических потерь, кг.

Для рационального расходования материала необходимо повышать коэффициент его использования, он должен быть не ниже 0,75.

Расход материала на заготовку с учетом технологических потерь определяется по формуле

$$G_{\text{з.п}} = G_3 (100 + П_{\text{п.о}}) / 100.$$

Годовая экономия материала от выбранного метода получения заготовки с учетом технологических потерь

$$Э_{\text{м.п}} = (G'_{\text{з.п}} - G''_{\text{з.п}}) N,$$

где $G'_{\text{з.п}}$ – расход материала на одну деталь при первом методе получения заготовки, $G''_{\text{з.п}}$ – расход материала на одну деталь при втором методе получения заготовки, кг.

Расчет себестоимости выполняется в зависимости от выбранных способов изготовления заготовок. Стоимость заготовки из проката, штамповки и литья определяют в зависимости от расхода

материала, массы стружки на деталь, стоимости материала и его технологических отходов по формуле

$$C_{з.п} = C_M G_{з.п} - (G_{з.п} - G_{л}) \frac{C_{отх}}{1000},$$

где C_M – цена 1 кг материала заготовки, руб; $C_{отх}$ – цена 1 т отходов материала, руб.

Экономический эффект по использованию материала на годовую производственную программу выпуска деталей без учета технологических потерь

$$\Delta_M = (G'_3 - G''_3) C_M N,$$

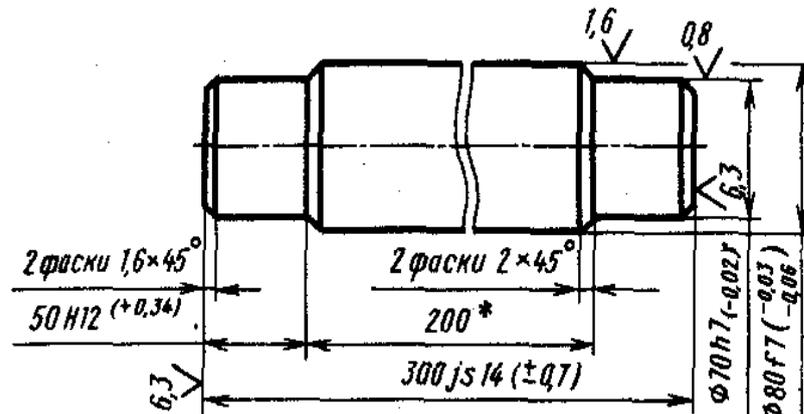
где G_3 – расход материала на деталь при первом методе получения заготовки, кг; G'_3 – расход материала на деталь при втором методе получения заготовки, кг; N – годовой объем выпуска деталей, шт.

Экономический эффект выбранного способа изготовления заготовки в денежном выражении на годовую производственную программу выпуска изделия

$$\Delta = (C_{з.п} - C_{з.п}') N,$$

где $C_{з.п}$ – стоимость заготовки, полученная при первом методе, руб; $C_{з.п}'$ – стоимость заготовки, полученная при втором методе, руб.

В качестве примера проведем технико-экономический расчет двух вариантов изготовления заготовки: методом горячей объемной штамповки и из проката. Годовой объем выпуска деталей – 180 000 шт. Рабочий чертеж детали – вал (рис.5). Материал детали – сталь 45 ГОСТ 1050-88. Масса детали – 10,8 кг. Тип производства – массовый (см. табл.1).



1. HRC₃ 41... 45. '
2. Неуказанная шероховатость поверхностей Ra = 12,5 мкм.
3. * Размер для справки

Рис.5. Чертеж вала

Вариант I. Заготовка из проката. Согласно точности и шероховатости поверхностей обрабатываемой детали определяем промежуточные припуски по таблицам. За основу расчета промежуточных припусков принимаем наружный диаметр 80f7 мм.

Обработку поверхности диаметром 80 мм производят в жестких центрах на многолезцовом токарном полуавтомате; окончательную обработку поверхности детали выполняют на кругошлифовальном станке.

Технологический маршрут обработки данной поверхности:

Операция 005. Токарная.

Операция 010. Токарная.

Операция 015. Термическая обработка HRC₃ 41... 45.

Операция 020. Шлифовальная однократная.

Припуски на подрезание торцевых поверхностей определяем по табл.11, а припуски на обработку наружных поверхностей (точение и шлифование) – по табл.12. При черновом точении припуск на обработку составляет 4,5 мм, при чистовом – 2 мм, а на шлифовальную однократную обработку равен 0,6 мм.

Таблица 11

Припуски на чистовое подрезание торцов и уступов, мм [5]

Диаметр заготовки	Общая длина заготовки					
	До 18	18-50	50-120	120-260	260-500	Св.500
До 30	0,4	0,5	0,7	0,8	1,	1,2
30-50	0,5	0,6	0,7	0,8	0	1,2
50-120	0,6	0,7	0,8	1,0	1,	1,3
120-300	0,8	0,9	1,0	1,2	0	1,5
					1.	
					2	
					1,	
					4	

Таблица 12

Промежуточные припуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей [5], мм

Диаметр	Операция	Припуск на диаметр при расчетной длине									
		До 25	26-63	64-100	100-160	160-260	260-400	400-630	630-1000	1000-1600	1600
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Точение черн.	0,5	0,6	0,5	0,0	0,0	0,5				
До 6	Точение чист.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Шлифование	0,25	0,26	0,25	0,25	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0
		0,30	0,30	0,30	0,30	0,4	0,4	0,5			
	Точение черн.	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,5	0,5			
6-10	Точение чист.	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0	2	
	Шлифование	0,26	0,26	0,26	0,26	0,3	0,4				
		0,30	0,30	0,30	0,40	0,4	0,4				
	Точение черн.	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,5	0,0	4		
10-18	Точение чист.	0,2	0,2	0,2	0,5	0,6	0,6	0,5	0,0	2	
	Шлифование	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5

		,3	,3	,3	,4	,4	,5	,5			
	Точен ие черн.	3 ,6	3 ,5	3 ,6	3 ,5	3 ,5	3 ,5	3 ,5	4 ,0	5 ,0	5 ,0
1 8-30	Точен ие чист.	1 ,6	1 ,6	1 ,6	1 ,5	1 ,5	1 ,5	1 ,5	2 ,0	2 ,0	2 ,5
	Шлиф ование	0 <u>3</u>	0 <u>3</u>	0 <u>3</u>	0 <u>3</u>	0 <u>4</u>	0 <u>4</u>	0 <u>4</u>	0 <u>5</u>	0 <u>5</u>	0 <u>6</u>
		0 ,4	0 ,4	0 ,4	0 ,4	0 ,4	0 ,5	0 ,5	0 ,6	0 ,7	0 ,7
	Точен ие черн.	4 ,0	4 ,0	4 ,0	4 ,5	4 ,5	4 ,5	4 ,5	5 ,0	5 ,5	6 ,0
3 0-50	Точен ие чист.	1 ,6	1 ,5	1 ,6	1 ,5	1 ,6	1 ,0	2 ,0	2 ,0	2 ,5	2 ,5
	Шлиф ование	0 <u>4</u>	0 <u>5</u>	0 <u>5</u>	0 <u>7</u>						
		0 ,4	0 ,4	0 ,4	0 ,5	0 ,5	0 ,5	0 ,6	0 ,7	0 ,8	0 ,8
	Точен ие черн.	4 ,0	4 ,0	4 ,0	4 ,5	4 ,5	4 ,5	4 ,5	5 ,0	5 ,6	6 ,0
5 0-80	Точен ие чист.	1 ,5	1 ,5	1 ,6	1 ,6	1 ,6	1 ,6	2 ,0	2 ,0	2 ,6	2 ,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	1
	Шлиф ование	0 <u>4</u>	0 <u>4</u>	0 <u>4</u>	0 <u>4</u>	0 <u>4</u>	0 <u>6</u>	0 <u>5</u>	0 <u>6</u>	0 <u>6</u>	0 <u>7</u>
		0 ,4	0 ,4	0 ,4	0 ,6	0 ,6	0 ,5	0 ,6	0 ,7	0 ,9	0 ,9
	Точен ие черн.	6 ,5	5 ,6	6 ,5	6 ,0	6 ,0	7 ,0	7 ,0	8 ,6	8 ,5	8 ,5
8 0-120	Точен ие чист.	2 ,0	2 ,6	2 ,6	3 ,0						
	Шлиф ование	0 <u>6</u>	0 <u>6</u>	0 <u>6</u>	0 <u>6</u>	0 <u>5</u>	0 <u>5</u>	0 <u>6</u>	0 <u>6</u>	0 <u>5</u>	0 <u>8</u>
		0 ,5	0 ,5	0 ,6	0 ,6	0 ,6	0 ,7	0 ,7	0 ,8	0 ,9	0 ,9
	Точен ие черн.	6 ,0	6 ,0	6 ,0	7 ,0	7 ,0	7 ,5	7 ,5	8 ,0	9 ,0	9 ,0
1 20-200	Точен ие чист.	2 ,0	2 ,0	2 ,0	2 ,6	2 ,6	2 ,5	2 ,5	3 ,0	3 ,0	3 ,5
	Шлиф ование	0 <u>5</u>	0 <u>5</u>	0 <u>6</u>	0 <u>6</u>	0 <u>6</u>	0 <u>6</u>	0 <u>6</u>	0 <u>7</u>	0 <u>8</u>	0 <u>8</u>
		0 ,5	0 ,5	0 ,5	0 ,7	0 ,7	0 ,8	0 ,8	0 ,9	0 ,9	1 ,0

Примечания:

1. В числителе даны припуски для незакаленных деталей, в знаменателе - для закаленных.
2. При обработке с уступами припуск назначается по отношению к общей длине детали.
3. При закаливании деталей, изготовленных из сталей, подверженных значительным термическим деформациям (например, из стали 45), припуски под шлифование следует увеличивать.

Определяем промежуточные размеры обрабатываемых поверхностей согласно маршрутному технологическому процессу:

на токарную операцию 010

$$D_{p.010} = D_n = 2z_{ш} = 80 + 0,5 + 80,5 \text{ мм};$$

на токарную операцию 005

$$D_{p.005} = D_{p.010} + 2z_{010} = 80,5 + 2,0 = 82,5 \text{ мм}.$$

Расчетный размер заготовки

$$D_{p.з} = D_{p.005} + 2z_{005} = 82,5 + 4,5 = 87 \text{ мм}.$$

По расчетным данным заготовки выбираем необходимый размер горячекатаного проката обычной точности по ГОСТ 2590-71 (табл.13) – прокат диаметром 90 мм, – которая обозначается следующим образом:

$$\frac{90-B-GOST\ 2590-74}{\text{Круг } 45-б-GOST\ 1050-74}$$

Таблица 13

Горячекатаный прокат по ГОСТ 2590-71, мм [9]

Диаметр	Допускаемые отклонения		Допуск
	+	-	
Сталь горячекатаная повышенной точности (Б)			
3; 5,5; 6; 6,5; 7; 8; 9	0,1	0,3	0,40
10; 11; 12; 14; 15; 16; 17; 18; 19	0,2	0,3	0,50
20; 21; 22; 23; 24; 25	0,2	0,4	0,60
26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35;			
36; 37	0,2	0,6	0,80
38; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 46; 47; 48	0,2	0,9	1,10
50; 52; 53; 54; 55; 56; 58	0,3	1,0	1,30
60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 75; 78	0,4	1,2	1,60
80; 82; 85; 90; 95	0,5	1,5	2,00
100; 105; 110; 115	0,6	1,8	2,40
120; 125;	0,6	2,0	2,60
130; 135; 140; 150			
Сталь горячекатаная круглая обычной точности (В)			
3; 5,5; 6; 6,5; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 15;			
16; 17; 18; 19	0,3	0,5	0,80
20; 21; 22; 23; 24; 25	0,4	0,5	0,90
26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35;			
36; 37; 38; 39; 40; 42; 43; 44; 48	0,4	0,75	1,15
50; 52; 53; 54; 55; 56; 58	0,4	1,0	1,40
60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 75; 78	0,5	1,1	1,60
80; 85; 90; 95	0,5	1,3	1,80
100; 110; 115	0,6	1,7	2,30
120; 125; 130; 135; 140; 150	0,8	2,0	2,80

Нормальная длина проката стали обыкновенного качества при диаметре 53...110 мм составляет 4...7 м. Отклонения для диаметра 90 мм равны 0,5 мм (см.табл.13).

Припуски на подрезку торцевых поверхностей заготовки выбираются по табл.11. Так, на обработку двух торцевых поверхностей заготовки из проката припуск составит 2,4 мм.

Общая длина заготовки с учетом припусков на подрезку

$$L_з = L_0 + 2z_{подр} = 300 + 2,4 = 302,4 \text{ мм},$$

где L_0 - номинальная длина детали по рабочему чертежу, мм.

Исходя из предельных отклонений, общую длину заготовки округляем до целых единиц.

Принимаем длину заготовки 303 мм.

Определяем объем заготовки:

$$V_з = \frac{nD_{з.н}^2}{4} L_з = \frac{3,14 \cdot 9,05^2}{4} \cdot 30,5 = 1960,95 \text{ см}^3,$$

где L_3 – длина стержня (заготовки) с плюсовым допуском, см;
заготовки с плюсовым допуском, см.

$D_{з.п}$ – диаметр

Находим массу заготовки:

$$G_3 = \rho V_3 = 0,00785 \cdot 1960,95 = 15,4 \text{ кг.}$$

Выбираем оптимальную длину проката для изготовления заготовок на ножницах как самым производительным и дешевым способом. Приняв потери на зажим заготовки $l_{зж} = 80$ мм и определив длину торцевого обреза проката из соотношения $L_{об} = (0,3 \dots 0,5) d$, где d – диаметр сечения заготовки, мм; $d = 90$ мм: $l_{об} = 0,3 \cdot 90 = 27$ мм, находим число заготовок, получаемых из принятой длины проката по стандартам:

так, из проката длиной 4 м получится 12 заготовок:

$$x_4 = \frac{L_{пр} - l_{зж} - l_{о.т}}{L_3 + l_{пр}} = \frac{4000 - 80 - 27}{305} = 12,76 \text{ шт.}$$

а из проката длиной 7 м получится 22 заготовки:

$$x_7 = \frac{L_{пр} - l_{зж} - l_{о.т}}{L_3 + l_{пр}} = \frac{7000 - 80 - 27}{305} = 22,6 \text{ шт.}$$

Остаток длины (некратность) определяем в зависимости от принятой длины проката:
из проката длиной 4 м

$$L_{нк4} = L_{пр} - l_{о.т} - L_{зж} - (L_3 \cdot x_4) = 4000 - 27 - 80 - (305 \cdot 12) = 233 \text{ мм,}$$

или $\Pi_{нк4} = (L_{нк} 100) / L_{пр} = (233 \cdot 100) / 4000 = 5,83\%$;

из проката длиной 7 м

$$L_{нк7} = 7000 - 27 - 80 - (305 \cdot 22) = 183 \text{ мм,}$$

или $\Pi_{нк7} = (183 \cdot 100) / 7000 = 2,61\%$.

Из расчетов на некратность следует, что прокат длиной 7 м для изготовления заготовок более экономичен, чем прокат длиной 4 м. Потери материала на зажим при отрезке по отношению к длине проката составят:

$$\Pi_{зж} = (l_{зж} \cdot 100) / L_{пр} = (80 \cdot 100) / 7000 = 1,1\%.$$

Потери материала на длину торцевого обреза проката в процентном отношении к длине проката составят:

$$\Pi_{о.т} = (l_{о.т} \cdot 100) / L_{пр} = (27 \cdot 100) / 7000 = 0,38\%.$$

Общие потери (%) к длине выбранного проката

$$\Pi_{н.о} = \Pi_{нк} + \Pi_{о.т} + \Pi_{зж} = 2,61 + 0,38 + 1,1 = 4,09\%.$$

Расход материала на одну деталь с учетом всех технологических неизбежных потерь определяем по формуле:

$$G_{з.п} = G_3 (100 + \Pi_{н.о}) / 100 = 15,4 (100 + 4,03) / 100 = 16,03 \text{ кг.}$$

Коэффициент использования материала

$$K_{и.м} = G_0 / G_{з.п} = 10,8 / 16,03 = 0,67.$$

Стоимость заготовки из проката

$$C_{з.п} = C_m G_{з.п} - (G_{з.п} - G_0) (C_{отх} / 1000) = \\ = 0,133 \cdot 16,03 - (16,03 - 10,8) (33,90 / 1000) = 1,95 \text{ руб.}$$

Вариант 2. Заготовка изготовлена методом горячей объемной штамповки на горизонтально-ковочной машине (ГКМ). Степень сложности С1. Точность изготовления поковки – класс I. Группа стали – М1.

Припуски на поверхности детали назначаем по таблицам [30]. Припуски на обработку заготовок, изготавливаемых горячей объемной штамповкой, зависят от массы, класса точности, группы стали, степени сложности и шероховатости заготовки.

На основании принятых припусков на размеры детали определяем расчетные размеры заготовки:

$$D_{p80} = D_n + 2z = 80 + 4,8 = 84,8 \text{ мм;}$$

$$D_{p70} = D_n + 2z = 70 + 5,4 = 75,4 \text{ мм;}$$

$$L_{p250} = L_0 + 2z = 250 + 4,4 = 254,4 \text{ мм;}$$

$$L_{p200} = L_0 + z = 200 + 2,2 = 202,2 \text{ мм;}$$

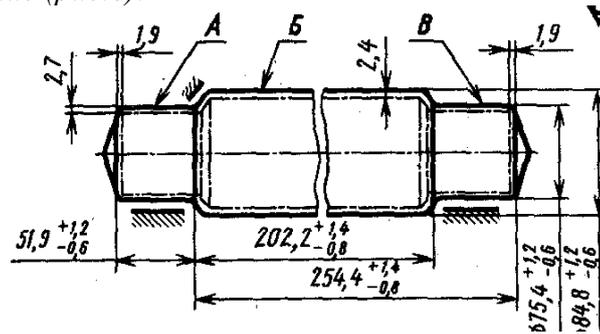
$$L_{p50} = L_0 + z = 50 + 1,9 = 51,9 \text{ мм.}$$

Предельные отклонения на размеры заготовки определяем по табличным нормативам (ГОСТ 7505-89).

Допуски на размеры штампованной заготовки (см. табл. 2, 3):

$\overset{+1,2}{\varnothing 84,4 - 0,6}$; $\overset{+1,2}{\varnothing 75,4 - 0,6}$; $\overset{+1,4}{254,4 - 0,8}$; $\overset{+1,4}{202,2 - 0,8}$; $\overset{+1,2}{51,9 - 0,6}$.

Разрабатываем эскиз на штампованную заготовку по второму варианту с техническими требованиями на изготовление (рис.6).



1. НВ 241 ... 245.
2. Степень сложности заготовки С1.
3. Группа стали М1.
4. Точность изготовления I класс .
5. Радиусы закруглений внешних углов R= 4 мм.
6. Штамповочные уклоны 5°.
7. Допуск соосности поверхностей А, Б и В относительно базовой оси заготовки 1,6 мм.

Рис.6. Рабочий чертеж заготовки вала

Для определения объема штампованной заготовки рекомендуется условно разбить фигуру заготовки на отдельные простые элементы и проставить на них размеры с учетом плюсовых допусков (рис.7). Определим объем отдельных элементов заготовки: V_1 , V_2 , и V_3 . Фигура заготовки состоит из двух одинаковых объемов: V_1 , и V_2 .

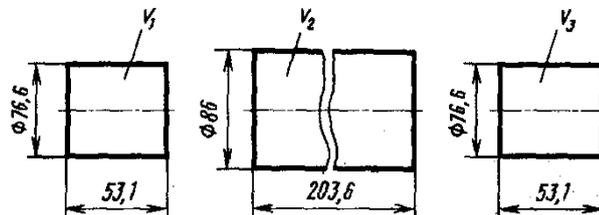


Рис.7. Элементы заготовки для определения объема

$$2V_1 = 2 \left(\frac{\pi D^2}{4} l \right) = 2 \left(\frac{3,14 \cdot 7,66^2}{4} \cdot 5,31 \right) = 489,16 \text{ см}^3;$$

$$V_2 = \frac{\pi D^2}{4} l = \frac{3,14 \cdot 8,6^2}{4} \cdot 20,36 = 1182,073 \text{ см}^3.$$

Общий объем заготовки

$$V_0 = 2V_1 + V_2 = 489,16 + 1182,073 = 1671,23 \text{ см}^3.$$

Масса штампованной заготовки.

$$G_{з.ш.} = \rho \cdot V_0 = 0,00785 \cdot 1671,23 = 13,12 \text{ кг.}$$

Принимая неизбежные технологические потери (угар, облой и т.д.) при горячей объемной штамповке равными 10 %, определим расход материала на одну деталь:

$$G_{з.п.} = G_{з.ш.} (100 + \Pi_{п.о}) / 100 = 13,12 (100 + 10) / 100 = 14,43 \text{ кг.}$$

Коэффициент использования материала на штампованную заготовку

$$K_{и.м.} = G_0 / G_{з.п.} = 10,8 / 14,43 = 0,75.$$

Стоимость штампованной заготовки

$$C_{з.ш} = C_m G_{з.п} - (G_{з.п} - G_0) \frac{C_{омх}}{1000} = 0,232 \cdot 14,43 - (14,43 - 10,8) \frac{33,90}{1000} = 3,23 \text{ руб.}$$

Годовая экономия материала от выбранного варианта изготовления заготовки

$$\mathcal{E}_м = (G'_{з.п} - G''_{з.п}) N = (16,03 - 14,43) \cdot 180000 = 288000 \text{ кг.}$$

Экономический эффект (выбранного вида) изготовления заготовки

$$\mathcal{E} = (G'_{з.ш} - G''_{з.ш}) N = (3,23 - 1,95) \cdot 180000 = 230400 \text{ руб.}$$

Технико-экономические расчеты показывают, что заготовка, полученная методом горячей объемной штамповки на горизонтально-ковочной машине, более экономична по использованию материала, чем заготовка из проката, однако по себестоимости штампованная заготовка дороже, поэтому принимаем заготовку из горячекатаного круглого проката обычной точности.

Выполнение и оформление рабочего чертежа штампованной заготовки типа фланца показано на рис.6.

Получение заготовок для изготовления деталей машин

Заготовки можно получать одним из следующих способов:

- из профилей;
- давлением;
- литьем,
- методами порошковой металлургии,
- с помощью сварки и т.д.

От метода получения заготовки во многом зависит стоимость и качество полученной из неё детали.

Получение заготовок из профилей

Машиностроительные профили - длинномерные изделия с определенной формой поперечного сечения, у которых один размер - длина - значительно больше двух других размеров. Профили бывают различных типоразмеров. Их можно разделить на четыре основные группы:

- сортовые профили (или сортовой прокат);
- листовой прокат;
- трубы;
- периодические профили.

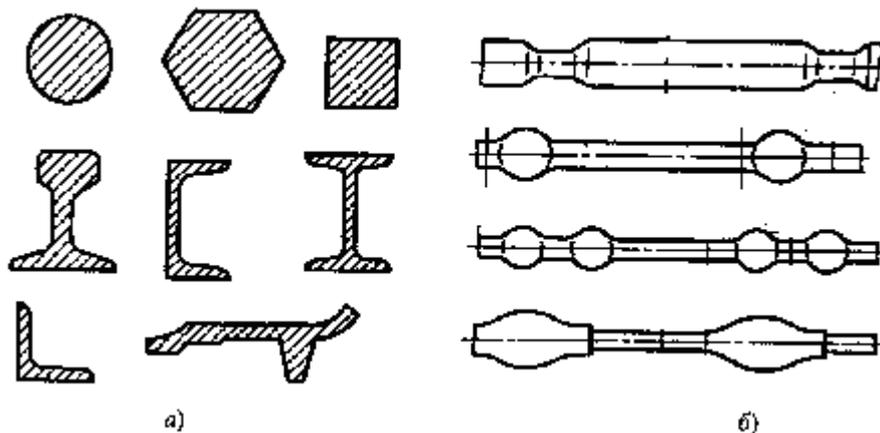


Рис. 1. Примеры сортовых (а) и периодических (б) профилей.

Сортовой прокат применяется во всех типах производства для заготовок деталей, конфигурация которых близка к профилю сортового материала, когда нет значительной разницы в поперечных сечениях детали. Сортовой прокат применяется также в случаях, когда по причине малой программы другие виды заготовок экономически невыгодны.

Листовой прокат применяется для производства плоских деталей.

Из труб получают заготовки для тонкостенных деталей, которые имеют центровое отверстие.

Периодические профили применяются в условиях крупносерийного и массового производства. Их применение позволяет почти полностью исключить механическую обработку деталей.

Получение заготовок давлением

Получением заготовок давлением осуществляется за счет пластической деформации материала. Различают холодную и горячую деформацию. Холодная деформация позволяет получать большую точность размеров и лучшее качество поверхности по сравнению с обработкой давлением при высокой температуре.

При обработке давлением исходной заготовкой могут быть объемное тело, прутки, лист.

Различают следующие основные процессы получения заготовок давлением: ковка и штамповка.

Форма поковок и штамповок максимально приближена к форме готовой детали.

Ковка осуществляется на ковочных молотах и ковочных прессах.

Штамповки изготавливаются в закрытых и открытых штампах. В качестве оборудования применяются различные пресса, молота и т.д.

Получение заготовок литьем

Литьем получают заготовки (отливки) для различных деталей машин, как больших, так и совсем маленьких: станин станков, корпусов, деталей радиоэлектронной промышленности, часовой промышленности и др. Литьем можно получать заготовки очень сложной конфигурации из различных материалов: чугуна, стали и цветных сплавов, в том числе из сплавов, не поддающихся обработке давлением.

Сущность литейного производства заключается в приготовлении расплавленного металла и заливке его в специальную литейную форму. При охлаждении залитый металл затвердевает и в твердом состоянии сохраняет конфигурацию той полости, в которую он был залит.

Для изготовления отливок применяют множество способов литья:

- *в песчаные формы* (применяется в единичном производстве для неответственных деталей),
- *в оболочковые формы* (применяется для ответственных фасонных отливок),
- *по выплавляемым моделям* (применяется для деталей очень сложной конфигурации из любых сплавов при величине партии более 100 шт.),
- *в кокиль* (применяется при величине партии 300-500 шт. для мелких отливок и 30...50 шт. для крупных),
- *под давлением* (применяется для получения фасонных отливок из цветных сплавов при партии более 1000 шт.)
- *центробежное литье* (применяется для изготовления заготовок типа тел вращения) и пр.

Таким образом, область применения того или иного способа литья определяется объемом производства, требованиями к геометрической точности и шероховатости поверхности отливок, экономической целесообразностью.

Получение заготовок методами порошковой металлургии

Методами порошковой металлургии получают небольшие малоответственные заготовки. При этом металл измельчают, прессуют и спекают.

Достоинства получения заготовок из порошка:

- 1) материал заготовки химически однороден;
- 2) можно получать заготовки из материалов, из которых нельзя или невыгодно получать заготовки другим способом (например, тугоплавкие материалы, очень твердые материалы);
- 3) можно получать заготовки из смеси материалов, которые нельзя смешать другим способом;
- 4) близость размеров заготовки к размерам детали;
- 5) возможность использования отходов.

Получение заготовок сваркой

Иногда при получении заготовок сложной формы возникает необходимость сварить заготовку из нескольких частей. Это можно осуществить как сваркой с использованием электрической дуги

(электродуговая сварка), т.е. нагревая и расплавляя металл, так и другими, холодными видами сварки (например, сварка давлением, трением).

Основные правила выбора метода получения заготовки

При выборе вида метода получения заготовки необходимо учитывать два критерия:

- нагруженность детали при эксплуатации в СЕ;
- вид и марку материала детали.
- тип производства;
- достигаемые параметры качества заготовок (точность размеров и шероховатость поверхности);
- конструктивные особенности детали (масса, габаритные размеры, конфигурацию, минимальный диаметр отверстия, минимальную толщину стенки).

Также необходимо ориентироваться на вид и марку материала.

Следует изучить чертеж СЕ, в которую входит рассматриваемая деталь и определить характер нагрузок, которые испытывает деталь. При литье структура металла, а, следовательно, и механические свойства деталей ниже, чем при обработке металлов давлением. Если материал детали чугун, сталь с индексом «Л», алюминиевые сплавы марок «АЛ», медные сплавы, то заготовку следует получать литьем. Литые заготовки предназначены чаще всего для деталей испытывающих статические, вибрационные, небольшие ударные нагрузки.

Особо ответственные детали необходимо изготавливать методом пластического деформирования (давлением).

Лекция 5

Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления

Методы изготовления заготовок деталей машин определяются технологическими свойствами их материала, формой, габаритами, типом производства и категорией ответственности детали.

В действующем производстве учитываются возможности заготовительных цехов и плановые сроки подготовки производства (проектирование и изготовление технологической оснастки). Кроме того, принимаются во внимание прогрессивные тенденции развития технологии машиностроения, в соответствии с которыми рекомендуется переносить большую часть процесса формообразования детали на заготовительную стадию и тем самым снижать расход материала и долю затрат на механическую обработку. В большинстве случаев производительность заготовительных процессов на порядок выше производительности процессов механической обработки.

По мере усложнения конфигурации заготовки и повышения ее точности усложняется и удорожается технологическая оснастка и возрастает себестоимость заготовки. Но при этом снижается трудоемкость и себестоимость последующей механической обработки.

Класс методов изготовления заготовки определяется конфигурацией детали и ее материалом. Всего в машиностроении используется пять классов методов изготовления заготовок:

- 1) отделение (отрезание, вырезание) от сортового проката (прутки, листы и т.д.);**
- 2) обработка давлением;**
- 3) литье;**
- 4) порошковая металлургия;**
- 5) комбинированные методы (штампосварные и литосварные заготовки) в которых сварка служит для соединения отдельных частей заготовки, предварительно изготовленных литьем, штамповкой или отделением от проката.**

Для отделения заготовок от проката может использоваться один из следующих способов:

- 1) газовая резка из листового проката толщиной до 100 – 200 мм;
- 2) резка на пресс-ножницах с прямыми и фасонными ножами;
- 3) резка на гильотинных ножницах;
- 4) резка на дисковых ножницах.

Отделение заготовок от круглого проката может осуществляться на механических и гидравлических прессах, на дисковых или ленточных пилах, на приводных ножовках, на фрезерно-отрезных, токарно-отрезных, абразивно-отрезных станках и установках.

Заготовки из круглого проката применяются в основном в мелкосерийном производстве или в тех случаях, когда разность в диаметрах ступеней детали мала.

Обработка заготовок давлением реализуется путемковки, штамповки и других способов.

Ковкой получают заготовки относительно простой формы со значительными припусками.

Штамповка в открытых штампах позволяет получать заготовки, форма которых существенно приближается к форме детали.

При штамповке в закрытых штампах получают более точные заготовки и расходуют меньше материала, чем в открытых, но закрытые штампы несколько ограничивают форму заготовки.

Прогрессивным методом является штамповка на ГКМ.

Среди отливок до 80% по массе занимают заготовки изготовленные литьем в песчаные формы. По конфигурации отливки делятся на пять групп сложности. В 80% случаях вид заготовки определяется материалом детали. Затем учитывают вид и конфигурацию детали.

Для ответственных деталей используют заготовки, полученные горячей штамповкой. Если по условиям производства можно применять и литье и штамповку, то следует учитывать, что трудоемкость обработки литых заготовок в среднем на 15 – 30% ниже штампованных.

5.5. Проектирование заготовки

Задачами технолога при проектировании является:

3) Определить вид заготовки, используемый для изготовления данной детали; определение метода получения заготовки; является функцией специалиста – технолога литейщика или давленца;

4) Наметить расположение плоскости разъема; которое определяет распределение напусков, формовочных, штамповочных уклонов;

Выбор метода получения заготовки определяется следующими факторами:

- материал детали;
- конфигурация детали;
- категория ответственности детали.

Материал детали на 90% определяет выбор заготовки. Материалы делятся на литейные (СЧ 24, КЧ, ВЧ, АЛ2, АЛ9, АЛ27, МА, ЛС59-1, Сталь35Л);

ОМД Д1, Д2, Д16, Амг, стали, Амц, латунь Л62.

Конфигурация детали:

Детали с большими внутренними полостями получают литьем.

Категория ответственности:

I категория – относятся детали поломка которых ведет к катастрофе (запрещаются детали получаемые литьем);

II категория – относятся детали поломка которых ведет к потере функциональных возможностей, но не влечет катастрофических последствий;

III категория – детали декоративного назначения поломка которых не отражается на работе машины (без ограничений).

Определение положения плоскости разъема

При назначении расположения плоскости разъема технолог руководствуется 2-мя правилами:

- 3) Плоскость разъема должна проходить через наибольший габаритный размер детали;
- 4) Расположение плоскости разъема должно обеспечивать базирование на первой операции;

Технико-экономическое обоснование выбора заготовки для обрабатываемой детали производят по нескольким направлениям: металлоемкости, трудоемкости и себестоимости, учитывая при этом конкретные производственные условия. Технико-экономическое обоснование ведется по двум или нескольким выбранным вариантам. При экономической оценке определяют

металлоемкость, себестоимость или трудоемкость каждого выбранного варианта изготовления заготовки, а затем их сопоставляют.

Технико-экономический расчет изготовления заготовки производят в следующем порядке:

- устанавливают метод получения заготовки согласно типу производства, конструкции детали, материалу и другим техническим требованиям на изготовление детали.
- назначают припуски на обрабатываемые поверхности детали согласно выбранному методу получения заготовки по нормативным таблицам или производят расчет аналитическим методом;
- определяют расчетные размеры на каждую поверхность заготовки;
- назначают предельные отклонения на размеры заготовки по нормативным таблицам в зависимости от метода получения заготовки;
- производят расчет массы заготовки на сопоставляемые варианты;
- определяют норму расхода материала с учетом неизбежных технологических потерь для каждого вида заготовки (некратность, на отрезание, угар, облой и т.д.);
- определяют коэффициент использования материала по каждому из вариантов изготовления заготовок с технологическими потерями и без потерь;
- определяют себестоимость выбранных для сопоставления и определения экономического эффекта вариантов изготовления заготовки;
- определяют годовую экономию материала от сопоставляемых вариантов изготовления заготовки;
- определяют годовую экономию от выбранного варианта изготовления заготовки в денежном выражении.

Величину припуска на механическую обработку стальных поковок общего назначения, изготавливаемых горячей объемной штамповкой на разных видах кузнечно-прессового оборудования, отливок, получаемых разными методами литья (стали, чугуна и цветных металлов), определяют по табличным нормативам согласно массе заготовки, точности ее изготовления, группе стали, степени сложности, габаритным размерам, шероховатости обрабатываемых поверхностей и другим конструктивным элементам детали и техническим требованиям на её изготовление.

При изготовлении заготовок, подвергающихся нагреву, допускается увеличение припуска на сторону обрабатываемой поверхности:

Масса поковки, кг	До 2,5	2,5 - 6	Св. 6
Увеличение припуска, мм.....	0,5	0,8	1

В зависимости от технических требований к точности размеров, условий и характеру производства (массовое или серийное) заготовки, полученные методом горячей объемной штамповки, подразделяются на повышенную точность (класс I) и нормальную точность (класс II). Для различных размеров одной и той же заготовки допускается применять различные классы точности.

Классы точности необходимо указывать в технических требованиях рабочего чертежа заготовки.

Категория поковок характеризуется группой стали, условно обозначаемой М1 и М2. К группе М1 относятся углеродистые и легированные стали с содержанием углерода до 0,75% и легирующих элементов до 2,0%. К группе М2 относятся легированные стали, не указанные в группе М1.

Заготовки, изготавливаемые горячей объемной штамповкой на различных видах кузнечно-прессового оборудования, подразделяются на четыре степени сложности: С1, С2, С3 и С4.

Степень сложности – отношение массы (объема) штамповки к массе (объему) фигуры, в которую вписывается штамповка. Степень сложности принимаем по ГОСТ 7505-89.

$$C = G_n / G_\phi \text{ или } C = V_n / V_\phi,$$

где G_n – масса поковки, кг; G_ϕ – масса фигуры, кг; V_n – объем поковки, см³; V_ϕ – объем фигуры, см³.

Степени сложности характеризуются следующими величинами:

С1 – Св. 0,63 до 1,00;

С3 – Св. 0,16 до 0,32

С2 – Св. 0,32 до 0,63;

С4 – До 0,16.

Расчетные размеры для заготовки определяют по следующим формулам:

при обработке наружных и внутренних поверхностей тел принимают вращения (для внутренних поверхностей с обратным знаком)

$$D_p = D_{\text{ном}} + 2Z_o;$$

при односторонней обработке плоских поверхностей

$$H_p = H_{\text{ном}} + Z_o,$$

где D_p – расчетный диаметр заготовки, мм; $D_{\text{ном}}$ – номинальный диаметр обрабатываемой поверхности детали, мм; Z_o – общий припуск на обработку на одну сторону, мм; H_p – расчетный размер плоской поверхности, мм; $H_{\text{ном}}$ – номинальный размер обрабатываемой плоской поверхности, мм.

Расчетные размеры на заготовку округляют исходя из технологических возможностей оборудования и экономической целесообразности принятой точности. Рекомендуется расчетные размеры заготовок округлять в сторону увеличения припусков в зависимости от степени точности и типа производства.

Отклонения (допуски) на размеры заготовок назначают по таблицам в зависимости от метода получения заготовок (прокат, литье, штамповка и др.). Так, на рис.4 представлена схема определения допусков на штампованные поковки повышенной и нормальной точности (по табл.2, 3) на основе четырех основных параметров: масса поковки, группа стали, степень сложности и размер.

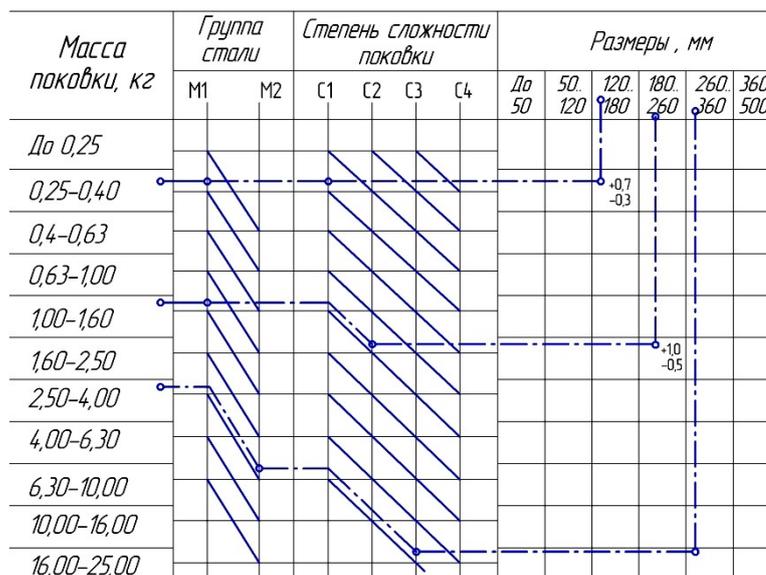


Рис.4. Схема определения допусков на размер

Пример 1. Поковка класса I, масса 1,4 кг. Группа стали M1 и степень сложности поковки C2.

Определить по таблице допуск на размер заготовки 250 мм. Допуск на размер равен $\begin{matrix} +1,0 \\ -0,5 \end{matrix}$ мм (см. табл. 2).

Пример 2. Поковка класса I, масса 0,35 кг. Группа стали M1 и степень сложности C1.

Определить по таблице допуск на размер заготовки 160 мм. Допуск на размер заготовки равен $\begin{matrix} +0,7 \\ -0,3 \end{matrix}$ мм (см. табл. 2).

Пример 3. Поковка класса I, масса 2,8 кг. Группа стали M2 и степень сложности C3.

Определить по таблице допуск на размер заготовки 280 мм. Допуск на размер заготовки равен $+1,5$
мм (см. табл. 2). $-1,0$

Допуски на внутренние размеры поковок должны устанавливаться с обратными знаками,
например, если для наружной поверхности диаметром 80 мм установлен допуск $+1,2$, то для
внутреннего диаметра 80 мм допуск будет равен $+0,6$ $-1,2$.

Допуски (мм) на штампованные поковки повышенной точности (по ГОСТ 7505-74) [29]

Масса поковки, кг	Группа стали		Степень сложности		Размер поковки, мм													
					До 50	50-120	120-180	180-260	260-360	360-500	500-630	630-800	800-1000					
	M1	M2	C1	C2	C3	C4	180	260	360	500	630	800	1000					
До 0,25			1				+0,5	+0,6	+0,7	+0,7	+0,7	+0,7	+0,7	+0,7				
							-0,2	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5				
0,25-0,40			2				+0,5	+0,6	+0,7	+0,7	+0,7	+0,7	+0,7	+0,7				
							-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6	-0,6				
0,40-0,63			3				+0,6	+0,7	+0,8	+0,8	+0,8	+0,8	+0,9	+0,9	+0,9			
							-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5				
0,63-1,0			4				+0,7	+0,8	+0,9	+0,9	+0,9	+0,9	+0,9	+0,9	+0,9			
							-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7				
1,00-1,60			5				+0,7	+0,8	+0,9	+0,9	+0,9	+0,9	+1,0	+1,0	+1,1			
							-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7				
1,60-2,5			6				+0,8	+0,9	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,1	+1,2	+1,2	+1,3		
							-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8				
2,5-4,0			7				+0,9	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0	+1,3	+1,5	+1,5	+1,6		
							-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,6	-0,8	-0,9	-1,0				
4,00-6,30			8				+1,0	+1,0	+1,1	+1,1	+1,1	+1,2	+1,3	+1,6	+1,6	+1,6		
							-0,4	-0,5	-0,7	-0,7	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9				
6,30-10,0			9				+1,0	+1,0	+1,3	+1,3	+1,3	+1,4	+1,5	+1,7	+1,7	+1,8		
							-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	-0,8	-0,8	-1,0	-1,1				

Масса поковки, кг	Группа стали		Степень сложности		Размер поковки, мм									
	M1	M2	C1	C2 C3 C4	До 50	50-120	120- 180	180- 260	260- 360	360- 500	500- 630	630- 800	800- 1000	
6,30-10,0					1	+2,1	+2,4	+2,5	+3,0	+3,0	+3,5	+4,0	+4,0	
					1	-1,0	-1,2	-1,5	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5	
10,0-16,0					1	+2,1	+2,4	+3,0	+3,0	+3,5	+4,0	+4,0	+4,5	
					2	-1,1	-1,2	-1,5	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,5	
16,0-25,0					1	+2,4	+2,5	+3,0	+3,5	+4,0	+4,0	+4,5	+4,5	
					3	-1,2	-1,5	-1,6	-2,0	-2,0	-2,5	-2,5	-3,0	
25,0-40,0					1	+2,5	+3,0	+3,5	+4,0	+4,0	+4,0	+4,5	+5,0	
					4	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5	-2,5	-3,0	-3,0	
40,0-63,0					1	+3,0	+3,5	+4,0	+4,5	+4,5	+5,0	+5,0	+5,5	
					5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5	-3,0	-3,0	-3,5	-3,5	
63,0- 100,0					1	+3,5	+4,0	+5,0	+5,0	+5,0	+5,5	+5,5	+6,0	
					6	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-3,5	-4,0	-4,0	
100,0- 160,0					1	+3,5	+4,0	+5,0	+5,5	+6,0	+6,0	+6,5	+6,5	
					7	-0,8	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-3,5	-4,0	-4,0	
160,0- 250,0					1	+4,0	+5,5	+6,0	+6,0	+6,5	+6,5	+7,0	+7,0	
					8	-2,0	-3,0	-3,5	-4,0	-4,0	-4,5	-4,5	-5,0	

Допускаемые отклонения на размеры для отливок из серого чугуна назначают по ГОСТ 1855-55, для стальных фасонных отливок – по ГОСТ 2009-55 (табл.4).

Таблица 4

Допускаемые отклонения (\pm) на размеры чугунных и стальных отливок по ГОСТ 1855-55 и ГОСТ 2009-55 [29]
Размеры, мм

Размеры отливки	Номинальный размер детали						
	50	До	5 0-120	12 0-260	26 0-500	50 0-800	800 -1250
I класс точности							
До 120	0,2		0	-	-	-	-
120-260	0,3	,3		0,	-	-	-
260-500	0,4		0	6	1,	-	-
500-1250	0,6	,4		0,	0	1,	1,6
1250-3150	0,8		0	8	1,	4	2,0
3150-5000	1,0	,6		1,	4	1,	2,5
			0	0	1,	6	
		,8		1,	4	2,	
		1		2	1,	0	
		,0		1,	8		
		1		5			
		,2					
II класс точности							
До 260	0,5		0	1,	-	-	-
260-500	0,8	,8		0	1,	-	-
500-120	1,0		1	1,	5	2,	3,0
1250-3150	1,2	,0		2	2,	5	4,0
3150-6300	1,5		1	1,	0	2,	5,0
		,2		5	2,	0	
		1		2,	5	4,	
		,5		0	3,	0	
		1		2,	0		
		,8		2			
III класс точности							
До 500	1,0		1	2,	2,	-	-
500-1250	1,2	,5		0	5	4,	5,0
1250-3150	1,5		1	2,	3,	0	6,0
		,8		2	0	5,	
		2		2,	3,	0	
		,0		5	5		

Допуск на размеры заготовок, изготавливаемых горячей объемной штамповкой на различных видах кузнечно-прессового оборудования, определяют по ГОСТ 7505-74 «Допуски, припуски и кузнечные напуски» (см.табл. 2 и 3).

К кузнечным напускам относятся штамповочные уклоны, внутренние радиусы скруглений, перемычки отверстий заготовки и другие дополняющие припуски. Величину штамповочных уклонов определяют от ГОСТ 7505-74 (табл.5).

Таблица 5

Штамповочные уклоны для заготовки (в градусах) [29]

Штамповочное оборудование	Штамповочные уклоны	
	внешние	внутренние
Молоты	7	10
Прессы с выталкивателем	5	7
Горизонтально-ковочные	5	7

машины		
--------	--	--

Допускаемые отклонения от соосности прошиваемых в поковках отверстий к наружным поверхностям определяются по табличным нормативам и не зависят от других допусков, а являются дополнением к ним (табл.6).

Таблица 6

Допускаемые отклонения от соосности прошиваемых отверстий к наружным поверхностям, мм [29]

Размер поковки	Поле допуска для класса точности	
	I	II
До 60	0,5	0,8
60-100	0,6	1,0
100-160	0,8	1,5
160-250	1,2	2,0
250-360	1,6	2,5
360-500	2,0	3,0
500-630	2,5	3,5
630-800	3,0	4,0

Допускаемые отклонения от плоскостности, вогнутости, прямолинейности (для цилиндрических поверхностей) определяют по табличным нормативам (табл.7). Допускаемые отклонения на межцентровые расстояния в поковках определяют по табл.8. Предельные отклонения на угловые элементы поковок определяют по табл.9. Отклонения на радиусы скруглений поковок определяют по табл.10.

Таблица 7

Допускаемые отклонения от плоскостности, вогнутости, прямолинейности и по радиальному биению, мм [29]

Размер поковки	Допускаемые отклонения для классов точности	
	I	II
До 60	0,25	0,40
60-100	0,40	0,60
100-160	0,50	0,80
160-250	0,60	1,00
250-360	0,80	1,2
360-500	1,00	1,5
500-630	1,50	2,00
630-800	1,80	2,50
800-100	2,00	3,00

Таблица 8

Допускаемые отклонения (\pm) на межцентровые расстояния, мм [9]

Расстояние между центрами поковки А	Допуск для класса точности	
	I	II
До 60	0,20	0,30
60-100	0,25	0,50
100-160	0,40	0,80
160-250	0,50	1,00
250-400	0,75	1,50
400-600	1,20	2,00
600-800	1,50	2,50
800-1000	2,00	3,00
1000-1250	2,50	3,50

Отклонения на угловые размеры поковок [9]

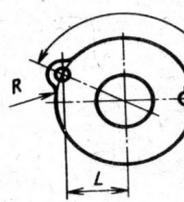
	Длина угловых элементов L, мм	Допуск для класса точности	
		I	II
	До 25	$\pm 1^\circ$	$\pm 3^\circ$
	25-60	30'	00'
	60-100	$\pm 0^\circ$	$\pm 1^\circ$
	100-160	45'	30'
	160 Св.	$\pm 0^\circ$	$\pm 0^\circ$
	160	30'	45'
		$\pm 0^\circ$	$\pm 0^\circ$
		15'	30'
		$\pm 0^\circ$	$\pm 0^\circ$
		10'	15'

Таблица
радиусы

10

Отклонения на скруглений, мм

(см. эскиз к табл.9) [9]

Радиусы скруглений поковки R	Допуск для класса точности	
	I	II
До 3	1	2
3-6	2	3
6-10	3	5
10-16	5	8
16-25	8	12
25-40	15	20
40-60	20	30

Выполнение сквозных отверстий и углублений в горячих объемных штамповках, изготавливаемых на прессах и молотах, обязательно, если оси отверстий или углублений совпадают с направлением движения ползуна пресса или бабы молота. Диаметр углублений или отверстий должен быть большим или равен высоте поковок, но не менее 30 мм.

При изготовлении сквозных отверстий и углублений на горизонтально-ковочных машинах является обязательным, чтобы оси данных элементов совпадали с направлением движения высадочного ползуна, а диаметры или размеры прошиваемых отверстий и углублений были бы не менее 30 мм, глубина не должна превышать трех диаметров данного отверстия. Обычно глубина отверстий в штамповочных поковках составляет не более 0,8 их диаметра.

По принятым размерам, допускам, штамповочным уклонам, радиусам скруглений и другим параметрам разрабатывается эскиз заготовки, который является исходным для технико-экономических расчетов.

Масса заготовки находится из формулы

$$G_3 = \rho \cdot V_3,$$

где ρ – плотность материала, кг/см³; V_3 – объем заготовки, см³.

Объем заготовки определяется по плюсовым допускам. Обычно сложную фигуру заготовки условно разбивают на элементарные части (цилиндры, конусы, пирамиды и т.д.) и определяют объемы этих элементарных частей. Сумма элементарных объемов составит общий объем заготовки.

Норму расхода материала на проектируемую деталь определяют, принимая во внимание все потери материала (угар, облой, некротность, на отрезку и т.д.), в зависимости от метода получения заготовки.

Потери материала на деталь, изготавливаемую из проката, состоят из некротности длины проката, торцевой обрезки, прорезки и удаляемых опорных концов. Длина торцевой обрезки зависит от размеров сечения проката и при резке ножницами обычно составляет $L_{o.r} = (0,3 \dots 0,5) a$, где a –

сторона квадрата (диаметр круга). Прорезка определяется в зависимости от толщины дисковой пилы или ширины резца. Ширина прореза сегментной дисковой пилы диаметром 660 мм – 6 мм, а диаметром 710 мм – 6,5 мм.

Ширина режущей части резца при разрезке проката на станках токарного типа зависит от диаметра заготовки:

Диаметр заготовки, мм 40-60; 60-80; 80-100; 100-150
 Ширина режущей части резца, мм 3-5; 4-5; 5-6; 6-7

Некратность длины проката определяется исходя из выбранной длины проката и заготовки с учетом потерь от выбранного метода заготовительного раскроя. При расчете некратности длины проката необходимо стремиться к нулю или минимальным величинам. Средневероятная расчетная длина некратности при раскрое немереного проката составляет примерно половину длины заготовки.

Некратность в зависимости от принятой длины проката

$$L_{нк} = L_{пр} - x (L_3 + l_p),$$

где $L_{пр}$ – длина выбранного проката, мм; x – число заготовок, изготавливаемых из принятой длины проката, шт; L_3 – длина заготовки, мм; l_p – ширина реза, мм.

Число заготовок, изготавливаемых из принятой длины проката,

$$x = \frac{L_{пр} - l_{o.t} - l_{з.ж}}{L_3 + l_p},$$

где $l_{o.t}$ – длина торцевой обрезки проката, мм; $l_{з.ж}$ – минимальная длина опорного (зажимного) конца, мм.

Минимальная длина опорного конца зависит от конструкции технологического оборудования и зажимных элементов приспособления для данного станка. Она должна быть достаточной для создания надежного контакта при уравнивании опрокидывающего момента (обычно не менее 10-20 мм); ее выбирают в каждом отдельном конкретном случае.

Общие потери материала (%) при изготовлении деталей из проката

$$П_{п.о} = П_{нк} + П_{o.t} + П_{з.ж} + П_{отр},$$

где $П_{нк}$ – потери материала на некратность, %;

$$П_{нк} = (L_{нк} \cdot 100) / L_{пр};$$

$П_{o.t}$ – потери на торцевую обрезку проката, %

$$П_{o.t} = (l_{o.t} \cdot 100) / L_{пр};$$

$П_{з.ж}$ – потери при выбранной длине зажима, %

$$П_{з.ж} = (l_{з.ж} \cdot 100) / L_{пр};$$

$П_{отр}$ – потери на отрезку заготовки, %

$$П_{отр} = (l_p \cdot 100) / L_{пр}.$$

Отходы при механической обработке металлов по разным видам заготовок от чистой массы деталей в среднем составляют для отливок чугунных, стальных, бронзовых 15...20%; свободнойковки 15...40%, объемной горячей штамповки 10%; проката (стали) 15%.

Коэффициент использования материала, выражающий отношение массы детали к массе заготовки, является основным показателем, характеризующим экономичность выбранного метода изготовления заготовок. Коэффициент использования материала с учетом технологических потерь

$$K_{и.м} = G_d / G_{з.п},$$

где G_d – масса детали по рабочему чертежу, кг; $G_{з.п}$ – расход материала на одну деталь с учетом технологических потерь, кг.

Для рационального расходования материала необходимо повышать коэффициент его использования, он должен быть не ниже 0,75.

Расход материала на заготовку с учетом технологических потерь определяется по формуле

$$G_{з.п} = G_3(100 + П_{п.о}) / 100.$$

Годовая экономия материала от выбранного метода получения заготовки с учетом технологических потерь

$$Э_{м.п} = (G'_{з.п} - G''_{з.п}) N,$$

где $G'_{з.п}$ – расход материала на одну деталь при первом методе получения заготовки, $G''_{з.п}$ – расход материала на одну деталь при втором методе получения заготовки, кг.

Расчет себестоимости выполняется в зависимости от выбранных способов изготовления заготовок. Стоимость заготовки из проката, штамповки и литья определяют в зависимости от расхода

материала, массы стружки на деталь, стоимости материала и его технологических отходов по формуле

$$C_{з.п} = C_M G_{з.п} - (G_{з.п} - G_{л}) \frac{C_{отх}}{1000},$$

где C_M – цена 1 кг материала заготовки, руб; $C_{отх}$ – цена 1 т отходов материала, руб.

Экономический эффект по использованию материала на годовую производственную программу выпуска деталей без учета технологических потерь

$$\mathcal{E}_M = (G'_3 - G''_3) C_M N,$$

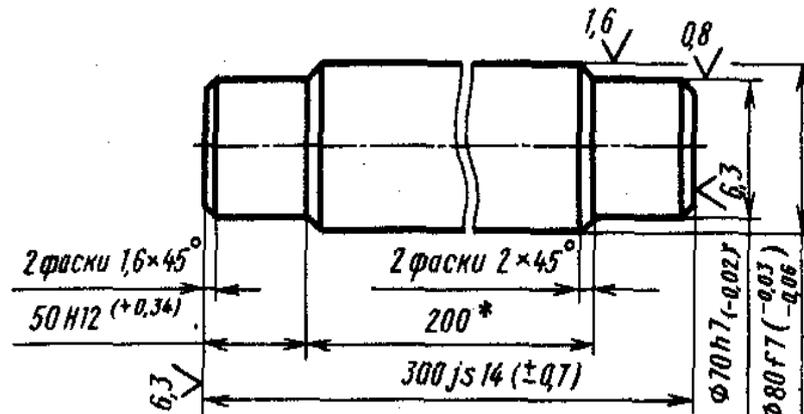
где G_3 – расход материала на деталь при первом методе получения заготовки, кг; G'_3 – расход материала на деталь при втором методе получения заготовки, кг; N – годовой объем выпуска деталей, шт.

Экономический эффект выбранного способа изготовления заготовки в денежном выражении на годовую производственную программу выпуска изделия

$$\mathcal{E} = (C_{з.п} - C_{з.п}') N,$$

где $C_{з.п}$ – стоимость заготовки, полученная при первом методе, руб; $C_{з.п}'$ – стоимость заготовки, полученная при втором методе, руб.

В качестве примера проведем технико-экономический расчет двух вариантов изготовления заготовки: методом горячей объемной штамповки и из проката. Годовой объем выпуска деталей – 180 000 шт. Рабочий чертеж детали – вал (рис.5). Материал детали – сталь 45 ГОСТ 1050-88. Масса детали – 10,8 кг. Тип производства – массовый (см. табл.1).



1. HRC₃ 41... 45. '
2. Неуказанная шероховатость поверхностей Ra = 12,5 мкм.
3. * Размер для справки

Рис.5. Чертеж вала

Вариант I. Заготовка из проката. Согласно точности и шероховатости поверхностей обрабатываемой детали определяем промежуточные припуски по таблицам. За основу расчета промежуточных припусков принимаем наружный диаметр 80f7 мм.

Обработку поверхности диаметром 80 мм производят в жестких центрах на многолезцовом токарном полуавтомате; окончательную обработку поверхности детали выполняют на кругошлифовальном станке.

Технологический маршрут обработки данной поверхности:

Операция 005. Токарная.

Операция 010. Токарная.

Операция 015. Термическая обработка HRC₃ 41... 45.

Операция 020. Шлифовальная однократная.

Припуски на подрезание торцевых поверхностей определяем по табл.11, а припуски на обработку наружных поверхностей (точение и шлифование) – по табл.12. При черновом точении припуск на обработку составляет 4,5 мм, при чистовом – 2 мм, а на шлифовальную однократную обработку равен 0,6 мм.

Таблица 11

Припуски на чистовое подрезание торцов и уступов, мм [5]

Диаметр заготовки	Общая длина заготовки					
	До 18	18-50	50-120	120-260	260-500	Св.500
До 30	0,4	0,5	0,7	0,8	1,	1,2
30-50	0,5	0,6	0,7	0,8	0	1,2
50-120	0,6	0,7	0,8	1,0	1,	1,3
120-300	0,8	0,9	1,0	1,2	0	1,5
					1.	
					2	
					1,	
					4	

Таблица 12

Промежуточные припуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей [5], мм

Диаметр	Операция	Припуск на диаметр при расчетной длине									
		До 25	26-63	64-100	100-160	160-260	260-400	400-630	630-1000	1000-1600	1600 и более
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	Точение черн.	,5	,6	,5	,0	,0	,5			-	
До 6	Точение чист.	,0	,0	,0	,0	,0	,1			-	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	Шлифование	<u>0,25</u>	<u>0,26</u>	<u>0,25</u>	<u>0,25</u>	<u>0,3</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	-	
		0,30	0,30	0,30	0,30	0,4	0,4	0,5		-	
	Точение черн.	,0	,0	,0	,5	,5	,5	,5		-	
6-10	Точение чист.	,2	,2	,2	,5	,5	,5	,5	,0	-	
	Шлифование	<u>0,26</u>	<u>0,26</u>	<u>0,26</u>	<u>0,26</u>	<u>0,3</u>	<u>0,4</u>			-	
		0,30	0,30	0,30	0,40	0,4	0,4			-	
	Точение черн.	,0	,0	,0	,5	,5	,5	,0		-	
10-18	Точение чист.	,2	,2	,2	,5	,6	,6	,5	,0	-	
	Шлифование	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,5</u>	

		,3	,3	,3	,4	,4	,5	,5			
	Точен ие черн.	3 ,6	3 ,5	3 ,6	3 ,5	3 ,5	3 ,5	3 ,5	4 ,0	5 ,0	5 ,0
1 8-30	Точен ие чист.	1 ,6	1 ,6	1 ,6	1 ,5	1 ,5	1 ,5	1 ,5	2 ,0	2 ,0	2 ,5
	Шлиф ование	0 <u>3</u>	0 <u>3</u>	0 <u>3</u>	0 <u>3</u>	0 <u>4</u>	0 <u>4</u>	0 <u>4</u>	0 <u>5</u>	0 <u>5</u>	0 <u>6</u>
		0 ,4	0 ,4	0 ,4	0 ,4	0 ,4	0 ,5	0 ,5	0 ,6	0 ,7	0 ,7
	Точен ие черн.	4 ,0	4 ,0	4 ,0	4 ,5	4 ,5	4 ,5	4 ,5	5 ,0	5 ,5	6 ,0
3 0-50	Точен ие чист.	1 ,6	1 ,5	1 ,6	1 ,5	1 ,6	1 ,0	2 ,0	2 ,0	2 ,5	2 ,5
	Шлиф ование	0 <u>4</u>	0 <u>5</u>	0 <u>5</u>	0 <u>7</u>						
		0 ,4	0 ,4	0 ,4	0 ,5	0 ,5	0 ,5	0 ,6	0 ,7	0 ,7	0 ,8
	Точен ие черн.	4 ,0	4 ,0	4 ,0	4 ,5	4 ,5	4 ,5	4 ,5	5 ,0	5 ,6	6 ,0
5 0-80	Точен ие чист.	1 ,5	1 ,5	1 ,6	1 ,6	1 ,6	1 ,0	2 ,0	2 ,0	2 ,6	2 ,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	1
	Шлиф ование	0 <u>4</u>	0 <u>4</u>	0 <u>4</u>	0 <u>4</u>	0 <u>4</u>	0 <u>6</u>	0 <u>5</u>	0 <u>6</u>	0 <u>6</u>	0 <u>7</u>
		0 ,4	0 ,4	0 ,4	0 ,6	0 ,6	0 ,5	0 ,6	0 ,7	0 ,7	0 ,9
	Точен ие черн.	6 ,5	5 ,6	6 ,5	6 ,0	6 ,0	6 ,0	7 ,0	7 ,6	8 ,5	8 ,5
8 0-120	Точен ие чист.	2 ,0	2 ,6	2 ,6	3 ,0						
	Шлиф ование	0 <u>6</u>	0 <u>6</u>	0 <u>6</u>	0 <u>6</u>	0 <u>5</u>	0 <u>5</u>	0 <u>5</u>	0 <u>6</u>	0 <u>5</u>	0 <u>8</u>
		0 ,5	0 ,5	0 ,6	0 ,6	0 ,6	0 ,7	0 ,7	0 ,8	0 ,8	0 ,9
	Точен ие черн.	6 ,0	6 ,0	6 ,0	7 ,0	7 ,0	7 ,5	7 ,5	8 ,0	9 ,0	9 ,0
1 20-200	Точен ие чист.	2 ,0	2 ,0	2 ,0	2 ,6	2 ,6	2 ,5	2 ,5	3 ,0	3 ,0	3 ,5
	Шлиф ование	0 <u>5</u>	0 <u>5</u>	0 <u>6</u>	0 <u>6</u>	0 <u>6</u>	0 <u>6</u>	0 <u>6</u>	0 <u>6</u>	0 <u>7</u>	0 <u>8</u>
		0 ,5	0 ,5	0 ,5	0 ,7	0 ,7	0 ,8	0 ,8	0 ,8	0 ,9	1 ,0

Примечания:

1. В числителе даны припуски для незакаленных деталей, в знаменателе - для закаленных.
2. При обработке с уступами припуск назначается по отношению к общей длине детали.
3. При закаливании деталей, изготовленных из сталей, подверженных значительным термическим деформациям (например, из стали 45), припуски под шлифование следует увеличивать.

Определяем промежуточные размеры обрабатываемых поверхностей согласно маршрутному технологическому процессу:

на токарную операцию 010

$$D_{p.010} = D_n = 2z_{ш} = 80 + 0,5 + 80,5 \text{ мм};$$

на токарную операцию 005

$$D_{p.005} = D_{p.010} + 2z_{010} = 80,5 + 2,0 = 82,5 \text{ мм}.$$

Расчетный размер заготовки

$$D_{p.з} = D_{p.005} + 2z_{005} = 82,5 + 4,5 = 87 \text{ мм}.$$

По расчетным данным заготовки выбираем необходимый размер горячекатаного проката обычной точности по ГОСТ 2590-71 (табл.13) – прокат диаметром 90 мм, – которая обозначается следующим образом:

$$\frac{90 - \text{В} - \text{ГОСТ 2590} - 74}{\text{Круг } 45 - \text{б} - \text{ГОСТ 1050} - 74}.$$

Таблица 13

Горячекатаный прокат по ГОСТ 2590-71, мм [9]

Диаметр	Допускаемые отклонения		Допуск
	+	-	
Сталь горячекатаная повышенной точности (Б)			
3; 5,5; 6; 6,5; 7; 8; 9	0,1	0,3	0,40
10; 11; 12; 14; 15; 16; 17; 18; 19	0,2	0,3	0,50
20; 21; 22; 23; 24; 25	0,2	0,4	0,60
26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35;			
36; 37	0,2	0,6	0,80
38; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 46; 47; 48	0,2	0,9	1,10
50; 52; 53; 54; 55; 56; 58	0,3	1,0	1,30
60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 75; 78	0,4	1,2	1,60
80; 82; 85; 90; 95	0,5	1,5	2,00
100; 105; 110; 115	0,6	1,8	2,40
120; 125;	0,6	2,0	2,60
130; 135; 140; 150			
Сталь горячекатаная круглая обычной точности (В)			
3; 5,5; 6; 6,5; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 15;			
16; 17; 18; 19	0,3	0,5	0,80
20; 21; 22; 23; 24; 25	0,4	0,5	0,90
26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35;			
36; 37; 38; 39; 40; 42; 43; 44; 48	0,4	0,75	1,15
50; 52; 53; 54; 55; 56; 58	0,4	1,0	1,40
60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 75; 78	0,5	1,1	1,60
80; 85; 90; 95	0,5	1,3	1,80
100; 110; 115	0,6	1,7	2,30
120; 125; 130; 135; 140; 150	0,8	2,0	2,80

Нормальная длина проката стали обыкновенного качества при диаметре 53...110 мм составляет 4...7 м. Отклонения для диаметра 90 мм равны 0,5 мм (см.табл.13).

Припуски на подрезку торцевых поверхностей заготовки выбираются по табл.11. Так, на обработку двух торцевых поверхностей заготовки из проката припуск составит 2,4 мм.

Общая длина заготовки с учетом припусков на подрезку

$$L_з = L_д + 2z_{подр} = 300 + 2,4 = 302,4 \text{ мм},$$

где $L_д$ - номинальная длина детали по рабочему чертежу, мм.

Исходя из предельных отклонений, общую длину заготовки округляем до целых единиц.

Принимаем длину заготовки 303 мм.

Определяем объем заготовки:

$$V_з = \frac{nD_{з.н}^2}{4} L_з = \frac{3,14 \cdot 9,05^2}{4} \cdot 30,5 = 1960,95 \text{ см}^3,$$

где L_3 – длина стержня (заготовки) с плюсовым допуском, см;
заготовки с плюсовым допуском, см.

$D_{з.п}$ – диаметр

Находим массу заготовки:

$$G_3 = \rho V_3 = 0,00785 \cdot 1960,95 = 15,4 \text{ кг.}$$

Выбираем оптимальную длину проката для изготовления заготовок на ножницах как самым производительным и дешевым способом. Приняв потери на зажим заготовки $l_{зж} = 80$ мм и определив длину торцевого обреза проката из соотношения $L_{об} = (0,3 \dots 0,5) d$, где d – диаметр сечения заготовки, мм; $d = 90$ мм: $l_{об} = 0,3 \cdot 90 = 27$ мм, находим число заготовок, получаемых из принятой длины проката по стандартам:

так, из проката длиной 4 м получится 12 заготовок:

$$x_4 = \frac{L_{пр} - l_{зж} - l_{о.т}}{L_3 + l_{пр}} = \frac{4000 - 80 - 27}{305} = 12,76 \text{ шт.}$$

а из проката длиной 7 м получится 22 заготовки:

$$x_7 = \frac{L_{пр} - l_{зж} - l_{о.т}}{L_3 + l_{пр}} = \frac{7000 - 80 - 27}{305} = 22,6 \text{ шт.}$$

Остаток длины (некратность) определяем в зависимости от принятой длины проката:
из проката длиной 4 м

$$L_{нк4} = L_{пр} - L_{о.т} - L_{зж} - (L_3 \cdot x_4) = 4000 - 27 - 80 - (305 \cdot 12) = 233 \text{ мм,}$$

или $\Pi_{нк4} = (L_{нк} 100) / L_{пр} = (233 \cdot 100) / 4000 = 5,83\%$;

из проката длиной 7 м

$$L_{нк7} = 7000 - 27 - 80 - (305 \cdot 22) = 183 \text{ мм,}$$

или $\Pi_{нк7} = (183 \cdot 100) / 7000 = 2,61\%$.

Из расчетов на некратность следует, что прокат длиной 7 м для изготовления заготовок более экономичен, чем прокат длиной 4 м. Потери материала на зажим при отрезке по отношению к длине проката составят:

$$\Pi_{зж} = (l_{зж} \cdot 100) / L_{пр} = (80 \cdot 100) / 7000 = 1,1\%.$$

Потери материала на длину торцевого обреза проката в процентном отношении к длине проката составят:

$$\Pi_{о.т} = (l_{о.т} \cdot 100) / L_{пр} = (27 \cdot 100) / 7000 = 0,38\%.$$

Общие потери (%) к длине выбранного проката

$$\Pi_{н.о} = \Pi_{нк} + \Pi_{о.т} + \Pi_{зж} = 2,61 + 0,38 + 1,1 = 4,09\%.$$

Расход материала на одну деталь с учетом всех технологических неизбежных потерь определяем по формуле:

$$G_{з.п} = G_3 (100 + \Pi_{н.о}) / 100 = 15,4 (100 + 4,03) / 100 = 16,03 \text{ кг.}$$

Коэффициент использования материала

$$K_{и.м} = G_{д} / G_{з.п} = 10,8 / 16,03 = 0,67.$$

Стоимость заготовки из проката

$$C_{з.п} = C_m G_{з.п} - (G_{з.п} - G_{д}) (C_{отх} / 1000) = \\ = 0,133 \cdot 16,03 - (16,03 - 10,8) (33,90 / 1000) = 1,95 \text{ руб.}$$

Вариант 2. Заготовка изготовлена методом горячей объемной штамповки на горизонтально-ковочной машине (ГКМ). Степень сложности С1. Точность изготовления поковки – класс I. Группа стали – М1.

Припуски на поверхности детали назначаем по таблицам [30]. Припуски на обработку заготовок, изготавливаемых горячей объемной штамповкой, зависят от массы, класса точности, группы стали, степени сложности и шероховатости заготовки.

На основании принятых припусков на размеры детали определяем расчетные размеры заготовки:

$$D_{p80} = D_n + 2z = 80 + 4,8 = 84,8 \text{ мм;}$$

$$D_{p70} = D_n + 2z = 70 + 5,4 = 75,4 \text{ мм;}$$

$$L_{p250} = L_{д} + 2z = 250 + 4,4 = 254,4 \text{ мм;}$$

$$L_{p200} = L_{д} + z = 200 + 2,2 = 202,2 \text{ мм;}$$

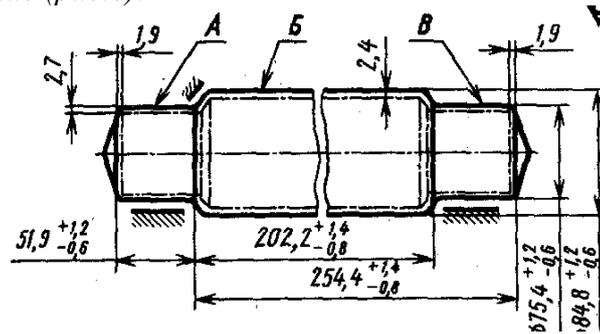
$$L_{p50} = L_{д} + z = 50 + 1,9 = 51,9 \text{ мм.}$$

Предельные отклонения на размеры заготовки определяем по табличным нормативам (ГОСТ 7505-89).

Допуски на размеры штампованной заготовки (см. табл. 2, 3):

$\overset{+1,2}{\varnothing 84,4 - 0,6}$; $\overset{+1,2}{\varnothing 75,4 - 0,6}$; $\overset{+1,4}{254,4 - 0,8}$; $\overset{+1,4}{202,2 - 0,8}$; $\overset{+1,2}{51,9 - 0,6}$.

Разрабатываем эскиз на штампованную заготовку по второму варианту с техническими требованиями на изготовление (рис.6).



1. НВ 241 ... 245.
2. Степень сложности заготовки С1.
3. Группа стали М1.
4. Точность изготовления I класс .
5. Радиусы закруглений внешних углов R= 4 мм.
6. Штамповочные уклоны 5°.
7. Допуск соосности поверхностей А, Б и В относительно базовой оси заготовки 1,6 мм.

Рис.6. Рабочий чертеж заготовки вала

Для определения объема штампованной заготовки рекомендуется условно разбить фигуру заготовки на отдельные простые элементы и проставить на них размеры с учетом плюсовых допусков (рис.7). Определим объем отдельных элементов заготовки: V_1 , V_2 , и V_3 . Фигура заготовки состоит из двух одинаковых объемов: V_1 , и V_2 .

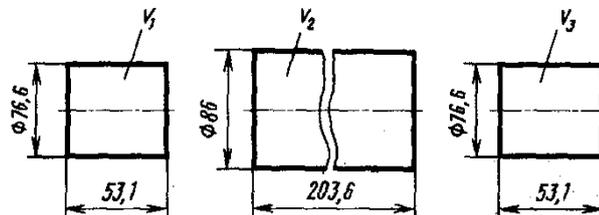


Рис.7. Элементы заготовки для определения объема

$$2V_1 = 2 \left(\frac{\pi D^2}{4} l \right) = 2 \left(\frac{3,14 \cdot 7,66^2}{4} \cdot 5,31 \right) = 489,16 \text{ см}^3;$$

$$V_2 = \frac{\pi D^2}{4} l = \frac{3,14 \cdot 8,6^2}{4} \cdot 20,36 = 1182,073 \text{ см}^3.$$

Общий объем заготовки

$$V_0 = 2V_1 + V_2 = 489,16 + 1182,073 = 1671,23 \text{ см}^3.$$

Масса штампованной заготовки.

$$G_{з.ш.} = \rho \cdot V_0 = 0,00785 \cdot 1671,23 = 13,12 \text{ кг.}$$

Принимая неизбежные технологические потери (угар, облой и т.д.) при горячей объемной штамповке равными 10 %, определим расход материала на одну деталь:

$$G_{з.п.} = G_{з.ш.} (100 + \Pi_{п.о}) / 100 = 13,12 (100 + 10) / 100 = 14,43 \text{ кг.}$$

Коэффициент использования материала на штампованную заготовку

$$K_{и.м.} = G_0 / G_{з.п.} = 10,8 / 14,43 = 0,75.$$

Стоимость штампованной заготовки

$$C_{з.ш} = C_m G_{з.п} - (G_{з.п} - G_0) \frac{C_{омх}}{1000} = 0,232 \cdot 14,43 - (14,43 - 10,8) \frac{33,90}{1000} = 3,23 \text{ руб.}$$

Годовая экономия материала от выбранного варианта изготовления заготовки

$$\mathcal{E}_м = (G'_{з.п} - G''_{з.п}) N = (16,03 - 14,43) \cdot 180000 = 288000 \text{ кг.}$$

Экономический эффект (выбранного вида) изготовления заготовки

$$\mathcal{E} = (G'_{з.ш} - G''_{з.ш}) N = (3,23 - 1,95) \cdot 180000 = 230400 \text{ руб.}$$

Технико-экономические расчеты показывают, что заготовка, полученная методом горячей объемной штамповки на горизонтально-ковочной машине, более экономична по использованию материала, чем заготовка из проката, однако по себестоимости штампованная заготовка дороже, поэтому принимаем заготовку из горячекатаного круглого проката обычной точности.

Выполнение и оформление рабочего чертежа штампованной заготовки типа фланца показано на рис.6.

Получение заготовок для изготовления деталей машин

Заготовки можно получать одним из следующих способов:

- из профилей;
- давлением;
- литьем,
- методами порошковой металлургии,
- с помощью сварки и т.д.

От метода получения заготовки во многом зависит стоимость и качество полученной из неё детали.

Получение заготовок из профилей

Машиностроительные профили - длинномерные изделия с определенной формой поперечного сечения, у которых один размер - длина - значительно больше двух других размеров. Профили бывают различных типоразмеров. Их можно разделить на четыре основные группы:

- сортовые профили (или сортовой прокат);
- листовой прокат;
- трубы;
- периодические профили.

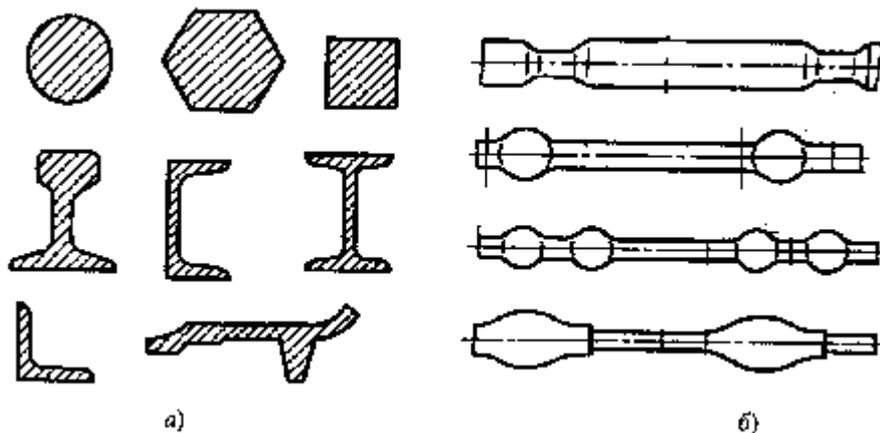


Рис. 1. Примеры сортовых (а) и периодических (б) профилей.

Сортовой прокат применяется во всех типах производства для заготовок деталей, конфигурация которых близка к профилю сортового материала, когда нет значительной разницы в поперечных сечениях детали. Сортовой прокат применяется также в случаях, когда по причине малой программы другие виды заготовок экономически невыгодны.

Листовой прокат применяется для производства плоских деталей.

Из труб получают заготовки для тонкостенных деталей, которые имеют центровое отверстие.

Периодические профили применяются в условиях крупносерийного и массового производства. Их применение позволяет почти полностью исключить механическую обработку деталей.

Получение заготовок давлением

Получением заготовок давлением осуществляется за счет пластической деформации материала. Различают холодную и горячую деформацию. Холодная деформация позволяет получать большую точность размеров и лучшее качество поверхности по сравнению с обработкой давлением при высокой температуре.

При обработке давлением исходной заготовкой могут быть объемное тело, пруток, лист.

Различают следующие основные процессы получения заготовок давлением: ковка и штамповка.

Форма поковок и штамповок максимально приближена к форме готовой детали.

Ковка осуществляется на ковочных молотах и ковочных прессах.

Штамповки изготавливаются в закрытых и открытых штампах. В качестве оборудования применяются различные пресса, молота и т.д.

Получение заготовок литьем

Литьем получают заготовки (отливки) для различных деталей машин, как больших, так и совсем маленьких: станин станков, корпусов, деталей радиоэлектронной промышленности, часовой промышленности и др. Литьем можно получать заготовки очень сложной конфигурации из различных материалов: чугуна, стали и цветных сплавов, в том числе из сплавов, не поддающихся обработке давлением.

Сущность литейного производства заключается в приготовлении расплавленного металла и заливке его в специальную литейную форму. При охлаждении залитый металл затвердевает и в твердом состоянии сохраняет конфигурацию той полости, в которую он был залит.

Для изготовления отливок применяют множество способов литья:

- *в песчаные формы* (применяется в единичном производстве для неответственных деталей),
- *в оболочковые формы* (применяется для ответственных фасонных отливок),
- *по выплавляемым моделям* (применяется для деталей очень сложной конфигурации из любых сплавов при величине партии более 100 шт.),
- *в кокиль* (применяется при величине партии 300-500 шт. для мелких отливок и 30...50 шт. для крупных),
- *под давлением* (применяется для получения фасонных отливок из цветных сплавов при партии более 1000 шт.)
- *центробежное литье* (применяется для изготовления заготовок типа тел вращения) и пр.

Таким образом, область применения того или иного способа литья определяется объемом производства, требованиями к геометрической точности и шероховатости поверхности отливок, экономической целесообразностью.

Получение заготовок методами порошковой металлургии

Методами порошковой металлургии получают небольшие малоответственные заготовки. При этом металл измельчают, прессуют и спекают.

Достоинства получения заготовок из порошка:

- 1) материал заготовки химически однороден;
- 2) можно получать заготовки из материалов, из которых нельзя или невыгодно получать заготовки другим способом (например, тугоплавкие материалы, очень твердые материалы);
- 3) можно получать заготовки из смеси материалов, которые нельзя смешать другим способом;
- 4) близость размеров заготовки к размерам детали;
- 5) возможность использования отходов.

Получение заготовок сваркой

Иногда при получении заготовок сложной формы возникает необходимость сварить заготовку из нескольких частей. Это можно осуществить как сваркой с использованием электрической дуги

(электродуговая сварка), т.е. нагревая и расплавляя металл, так и другими, холодными видами сварки (например, сварка давлением, трением).

Основные правила выбора метода получения заготовки

При выборе вида метода получения заготовки необходимо учитывать два критерия:

- нагруженность детали при эксплуатации в СЕ;
- вид и марку материала детали.
- тип производства;
- достигаемые параметры качества заготовок (точность размеров и шероховатость поверхности);
- конструктивные особенности детали (масса, габаритные размеры, конфигурацию, минимальный диаметр отверстия, минимальную толщину стенки).

Также необходимо ориентироваться на вид и марку материала.

Следует изучить чертеж СЕ, в которую входит рассматриваемая деталь и определить характер нагрузок, которые испытывает деталь. При литье структура металла, а, следовательно, и механические свойства деталей ниже, чем при обработке металлов давлением. Если материал детали чугун, сталь с индексом «Л», алюминиевые сплавы марок «АЛ», медные сплавы, то заготовку следует получать литьем. Литые заготовки предназначены чаще всего для деталей испытывающих статические, вибрационные, небольшие ударные нагрузки.

Особо ответственные детали необходимо изготавливать методом пластического деформирования (давлением).

Лекция 8-9

Синтез маршрута обработки заготовки

Первый шаг синтеза маршрута обработки заготовки – распределение отобранных переходов обработки типовых поверхностей заготовки по этапам типовой схемы изготовления деталей соответствующего класса (или подкласса). Типовая схема обработки является, вариантом полного типового решения. Главный признак этапа типовой схемы – уровень точности, достигаемой по его завершении.

Как показывает практика, наращивание точности формы, размеров и относительного расположения поверхностей детали, повышения качества ее поверхностей, должно осуществляться одновременно по всем основным элементам детали. Для этого сначала следует достигнуть одного уровня точности заготовки для основных поверхностей, затем начать их повторную обработку, стремясь к следующему уровню точности, и так до тех пор, пока не будут обеспечены точностные требования, заданные чертежом детали.

Причиной разделения ТП изготовления детали на этапы служит необходимость включения внестаночных операций – химико-термической обработки и нанесения покрытий.

В зависимости от целей и назначения внестаночных операций определяются их место в ТП, и требования к обработке, предшествующей этим операциям.

Количество этапов и их содержание зависит от конструктивной особенности той группы деталей, для которой разработана типовая схема изготовления. Это уровень жесткости, возможность базирования и закрепления заготовки без повреждения уже обработанных поверхностей, требования к уровню и виду внутренних остаточных напряжений (например при изготовлении точных ходовых винтов необходимо назначать шесть термических операций: отжиг обычный и стабилизирующий, закалку и три стабилизирующих отпуска).

Поскольку количество этапов зависит от точности заготовки, типовая схема обработки должна учитывать тип пр-ва. В массовом производстве стремятся уменьшить количество этапов и если это позволяет конструкция и требования к точности детали, совмещать в одной операции обработку поверхностей с существенно разными уровнями точности.

При выборе порядка выполнения переходов внутри этапа нужно руководствоваться следующими рекомендациями:

1. Вначале обрабатываются поверхности комплекта ТБ (в порядке уменьшения числа налагаемых связей), от которых будет выполняться большинство переходов этапа.

2. Переходы обработки поверхностей, составляющих основной контур детали, выполняются раньше, чем переходы обработки поверхностей, представляющие собой уступы, пазы и т.д.

3. В заготовке детали, не являющейся телом вращения, перед обработкой отверстий должны быть обработаны плоскости.

4. Порядок обработки пересекающихся поверхностей устанавливается таким, чтобы уменьшить увод инструмента и вероятность его поломки, снизить дополнительные затраты на слесарную обработку (удаление заусенцев). Например, если оси отверстий пересекаются под прямым углом, то первым обрабатывается отверстие большего диаметра.

5. На окончательном этапе поверхности обрабатываются в порядке, обратном их точности, т.е. чем точнее должна быть данная поверхность, тем позже она обрабатывается.

6. Порядок обработки поверхностей должен обеспечить наименьшее количество переустановок и минимум затрат времени на вспомогательные перемещения инструмента (или заготовки).

7. Порядок обработки поверхностей должен учитывать специальные требования к точности относительного расположения, если они указаны на чертеже или оговорены техническими требованиями.

Разработка технологических операций

Окончательный вариант последовательности обработки, временной структуры, используемого оборудования и оснастки выбирается на стадии формирования операций. Известно, что эффективность обработки повышается при концентрации переходов и заготовок в операции, при использовании многопозиционного оборудования с выделенной зоной загрузки. Однако на выбор временной структуры операции, вида оборудования и оснастки существенно влияет тип производства.

Чтобы спроектировать ТП в условиях серийного производства, необходима информация об имеющемся оборудовании или о возможности его приобретения т.е. необходим массив, содержащий следующие сведения: модель станка, размеры рабочей зоны, технологические возможности (набор выполняемых на станке переходов).

Первым этапом решения данной задачи будет распределение переходов каждого этапа по станкам, для чего переходы сопоставляются с технологическими возможностями станков, а габариты детали – с габаритами их рабочего пространства. При этом может оказаться, что один и тот же переход можно выполнять на разных станках.

Если для выполнения данного перехода нет соответствующего оборудования то принимается решение о приобретении необходимого станка, либо о модернизации одного из имеющихся станков, либо о замене данного перехода другим.

Анализ вариантов позволяет отобрать минимальную номенклатуру технологического оборудования, необходимого для выполнения всех переходов рассматриваемого этапа.

Следующим шагом синтеза операций будет анализ возможности совмещения переходов, отобранных для данного типоразмера станка. Этот анализ ограничивается как технологическими характеристиками станка, так и конструкции детали. Например, в станке с револьверной головкой не хватает гнезд для размещения всех инструментов, необходимых для выполнения заданного числа переходов. Или среди отобранных станков для круглого шлифования есть такие, которые не позволяют совмещать шлифовать несколько шеек разного диаметра.

С другой стороны, отобранные для данного станка переходы не могут, например, быть выполненными при использовании одного комплекта баз или за один установ. В таких случаях принимается одно из следующих решений: уменьшить число переходов в операции вплоть до одного (таким образом увеличивается число операций, выполняемых на одном и том же станке); выполнить операции за несколько последовательных установов в одной рабочей зоне; применить комбинированный инструмент.

Таким образом после рассмотрения всех вариантов маршрута обработки заготовки будет получено несколько вариантов ТП. Окончательный выбор можно осуществлять на основе результатов технико-экономических расчетов.

1. Определение типа оборудования и оснастки.

Уточнение наименования и содержания операции мех. обработки позволяет правильно выбрать станок из имеющегося парка или по каталогу. По типу обработки устанавливают группу станков: токарный, сверлильный, ... В соответствии с назначением станка, его компоновкой, степенью автоматизации определяют тип станка: токарный одношпиндельный, многошпиндельный, револьверный, полуавтомат и т.п. Выбор типа станка прежде всего определяется возможностью обеспечить определенное формообразование, выполнение технических требований, предъявляемых к изготавливаемой детали в отношении точности формы, расположения и шероховатости поверхности. Если эти требования выполнимы на различных станках, то при выборе учитывают следующие факторы:

- 1) соответствие основных размеров станка габаритным размерам обрабатываемой заготовки или нескольких одновременно обрабатываемых заготовок;
- 2) соответствие производительности станка годовой программе выпуска деталей, учет типа производства;
- 3) возможность полного использования станка как во времени, так и по мощности;
- 4) наименьшая затрата времени на обработку;
- 5) наименьшая себестоимость обработки;
- 6) наименьшая отпускная цена станка;
- 7) реальная возможность приобретения станка;
- 8) необходимость использования имеющихся станков.

Для определенного заранее типа производства можно предложить следующие рекомендации по выбору станков. Для единичного производства чаще всего применяют станки, отличающиеся гибкостью и универсальностью формообразования поверхностей, большим диапазоном габаритов обрабатываемых поверхностей и отсутствием автоматизации. К их числу можно отнести универсальные станки с ручным управлением серийного производства, например токарно-винторезные, круглошлифовальные и т.п. В мелкосерийном и серийном производствах используются станки с меньшей универсальностью, но с большей производительностью и автоматизацией управления: токарно-револьверные полуавтоматы, токарно-винторезные с ЧПУ и т.п. Узкая специализация, высокая производительность и высокий уровень автоматизации характерен для станков крупносерийного и массового производства, к ним можно отнести агрегатные станки, гибкие автоматические линии из станков с ЧПУ, жесткие автоматические линии из агрегатных и специальных станков.

Одновременно с выбором станка надо установить вид станочного приспособления, необходимого для выполнения на данном станке намеченной операции. Если это приспособление является принадлежностью станка (патрон, тиски и т.п.), то указывают только его наименование. При использовании универсально-сборного приспособления делают соответствующие указания. Если же для данной операции требуется специальное приспособление, то технолог обычно разрабатывает только схему приспособления или указывает только принцип его устройства. В единичном и мелкосерийном производствах широко применяют обработку в приспособлениях универсального типа (тиски, УДГ, поворотные столы, ...). Если же намечается потребность в изготовлении специального приспособления, то сначала необходимо выяснить экономическую целесообразность его применения. В крупносерийном, массовом производствах применяют главным образом специальные приспособления, которые сокращают основное и вспомогательное время больше, чем универсальные, при более высокой точности обработки.

При выборе станка и приспособления для каждой операции необходимо определить и режущий инструмент, обеспечивающий достижение наибольшей производительности, требуемых точности и шероховатости поверхности. Если требуется специальный инструмент, то обязательно должны быть разработаны чертежи его конструкции.

Применение того или иного типа инструмента зависит от следующих основных факторов: вида станка; метода обработки; материала заготовки; ее размера и конфигурации; требуемых точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей; типа производства.

При выборе инструмента и установлении метода обработки назначают измерительный инструмент, необходимый для определения размеров поверхностей заготовки и других ее параметров точности. В маршрутную карту заносят наименования, тип, размер. В единичном производстве применяют измерительный инструмент универсального назначения: линейки, штангенциркули,

микрометры, нутромеры, глубиномеры и т.п. В серийном и массовом производствах применяют специальный измерительный инструмент – калибры, пробки, шаблоны, а также измерительные приспособления, часто многоместные и автоматизированные (например – ГПЗ-10,...).

Проектирование маршрутных ТП механической обработки деталей

5.1. Порядок проектирования по ГОСТ 14.301-8

По ГОСТу предусмотрена следующая последовательность проектирования ТП механической обработки деталей:

- 1) Анализ исходных данных для проектирования ТП;
- 2) Определение типа производства;
- 3) Подбор действующего типового или группового ТП, или аналога ЕТП;
- 4) Выбор заготовки;
- 5) Анализ технологичности детали с точки зрения механической обработки;
- 6) Выбор технологических баз:
 - а) Выбор черновых или черных баз;
 - б) Выбор чистовых или чистых технологических баз;
 - в) Возможность использования ЕТБ;
- 7) Разработка планов обработки поверхностей детали;
- 8) Выбор средств технологического оснащения (СТО);
- 9) Выбор оборудования (окончательное оформление ранее принятого решения).
- 10) Формирование операций механической обработки деталей;
- 11) Оформление маршрутного технологического процесса;
- 12) Расчеты припусков и режимов резания на спроектированные операции ТП;
- 13) Нормирование ТП (определение норм времени на спроектированные операции ТП);
- 14) Оформление операционного ТП;

На этом завершается проектирование ТП механической обработки. Однако ГОСТ 14.301 предусматривает дальнейшие мероприятия носящие организационный характер:

- 15) Заказ на проектирование и изготовление средств технологического оснащения;
- 16) Выбор средств механизации, автоматизации и межоперационного транспорта;
- 17) Разработка мероприятий по технике безопасности;
- 18) Расчет экономической эффективности ТП;
- 19) Оформление комплексного ТП.

5.2. Состав исходных данных для проектирования ТП механической обработки деталей

Для проектирования ТП механической обработки необходимы:

- 1) Чертежи деталей;
- 2) Для особосложных и ответственных деталей спец. ТУ порядок испытания и приемки;
- 3) Программа выпуска (годовой выпуск) деталей;
- 4) Для действующего производства – сведения о наличии заводского оборудования и его загрузке.

Проектирование ТП рассмотрим для двух деталей: тело вращения (деталь № 1); корпусная деталь (деталь № 2).

5.3. Анализ исходных данных для проектирования ТП механической обработки

Для алгоритмизированного проектирования ТП необходимо провести подготовку чертежа детали.

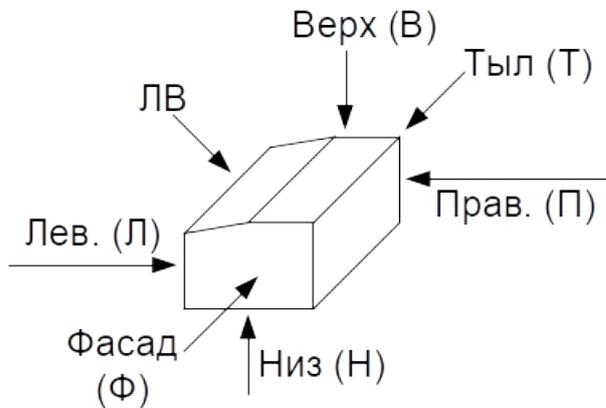
Для этого необходимо:

1) Определить направление доступа инструмента к поверхностям детали для их обработки.

Направлением доступа будем считать, то координатное направление с которого рабочий инструмент подходит к данной поверхности детали и осуществляет рабочую подачу.

Каждая деталь имеет 6 основных направлений доступа.

На рабочем чертеже детали обозначим направление доступа приняв любую проекцию детали за главную.



Для осевого инструмента (сверла, зенкера) направление доступа совпадает с направлением рабочей подачи инструмента. Для цилиндрических и концевых фрез направление доступа не совпадает с направлением рабочей подачи и может считаться направлением конца шпинделя станка.

Для тел вращения существует два направления левое и правое (верх, низ).

Имеется большое количество поверхностей, которые обладают несколькими направлениями доступа и могут обрабатываться или действительно обрабатываются с различных сторон. Для удобства проектирования рекомендуется пронумеровать обрабатываемые поверхности по их направлениям доступа. Для тел вращения нумерацию рекомендуется проводить начиная с граничных поверхностей, т.е. самый большой диаметр, к которому доступ возможен с двух сторон или сквозное отверстие также допускающее 2-х сторонний доступ. Граничными они называются потому, что после их обработки происходит смена направления доступа.

При нумерации поверхностей сложные элементы деталей (канавки резьбы), представляющие собой сочетание цилиндрических, конических, торцовых, винтовых поверхностей и др., но получаемых одним инструментом могут обозначаться одним номером.

2 Выявить технологические комплексы в чертеже обрабатываемой детали.

Технологическим комплексом называется совокупность поверхностей на которые чертежом установлены жесткие допуски на взаимное расположение или на координатную связь.

Наличие таких требований обуславливает применение специальных мероприятий для их реализации. В наших примерах у детали № 1 имеются следующие технологические комплексы:

$K1=L8 \longleftrightarrow L10$; $K2=L8 \longleftarrow H9$

У детали № 2:

$K1=T2(ФБ) \longleftrightarrow Ф2(ТБ)$;

$K2=T1 \longleftrightarrow T2(ФБ), Ф2(ТБ)$;

$K3=Ф1 \longleftrightarrow T2(ФБ), Ф2(ТБ)$;

$K4=H1 \longleftrightarrow T2(ФБ), Ф2(ТБ)$;

Технологический комплекс К4 обусловлен дважды:

а) координатным размером $H \pm \Delta H$

б) требованием на взаимное расположение // 0,1

	АБ	
--	----	--

5.4. Реализация технологических комплексов при обработке деталей

Наличие технологических комплексов в чертеже детали, т.е. ряда поверхностей, связанных достаточно жесткими допусками на взаимное расположение (\perp , \parallel , \square , \circlearrowleft , \circlearrowright) и координатные размеры требует специальных мероприятий для их реализации.

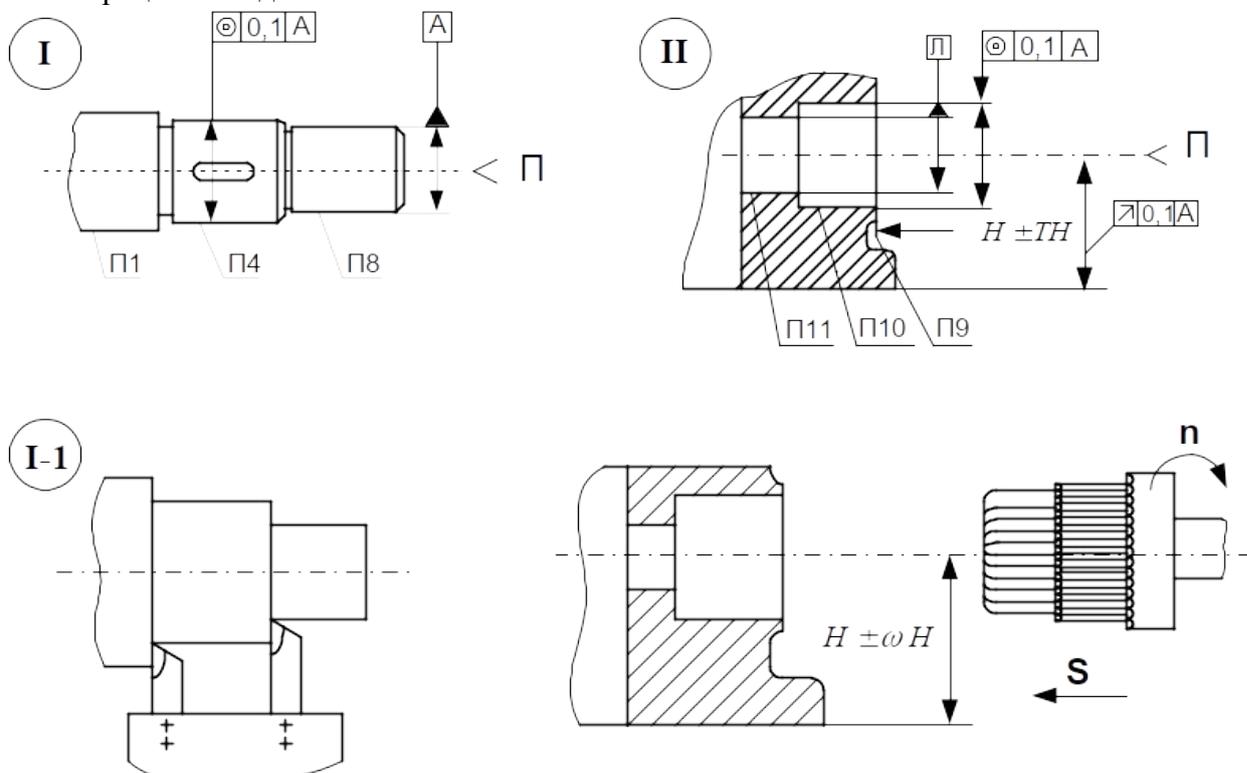
Реализация определяет выбор способа базирования детали и схему построения всего ТП.

В зависимости от расположения взаимосвязанных поверхностей технологические комплексы (ТК) могут быть одно и двустороннего доступа.

Реализация технологических комплексов одностороннего доступа.

Такой ТК обеспечивает доступ ко всем взаимосвязанным поверхностям с одного направления. ТК одностороннего доступа, может быть реализован 3-мя способами:

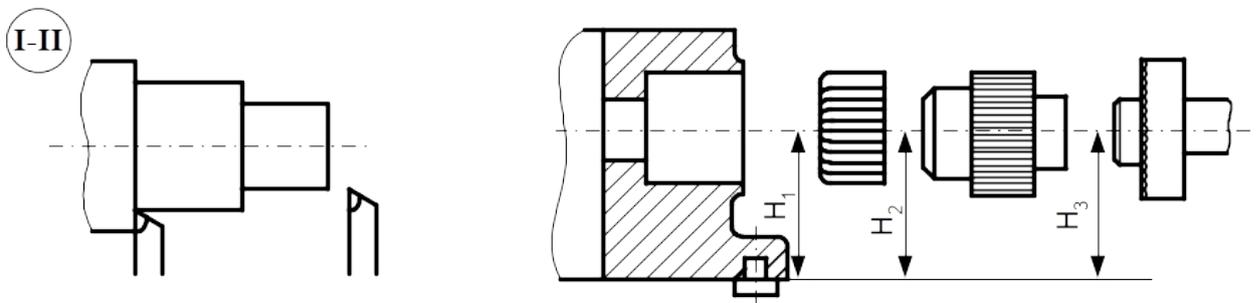
- 1) Одновременной или параллельной обработкой поверхностей комбинированным инструментом.
- 2) Последовательной обработкой поверхностей с одного установа.
- 3) Последовательной обработкой поверхностей входящих в ТК с разных установов или на разных операциях от единой технологической базы.



Общие элементы ТП:

- 1) База;
- 2) Установ;
- 3) Операция;
- 4) Частота вращения n ;
- 5) Общий кинематический параметр S ;
- 6) Общая настройка H .
- 7) Погрешности обработки $\sigma = 0$; $\omega_n = \omega H$;

Этот способ характерен для крупносерийного, массового производства в связи с необходимостью спец. инструмента.



Общие элементы:

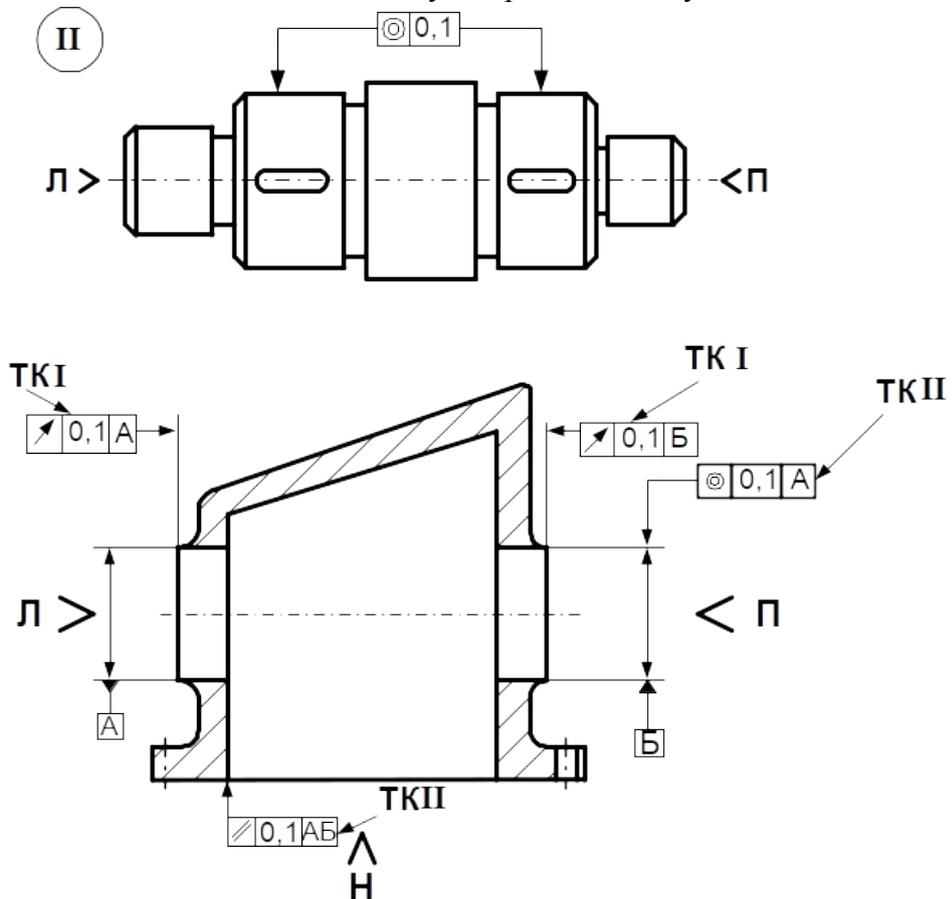
- 1) База;
- 2) Установ;
- 3) Операция;
- 4) $\omega = \omega_{н\text{ст.}} + \omega_{д\text{ин.}}$

Такая обработка характерна для агрегатных многопозиционных станков в крупносерийном и массовом производстве и многоцелевых станков или обрабатывающих центров.

I-III
1) Общие элементы:
База;

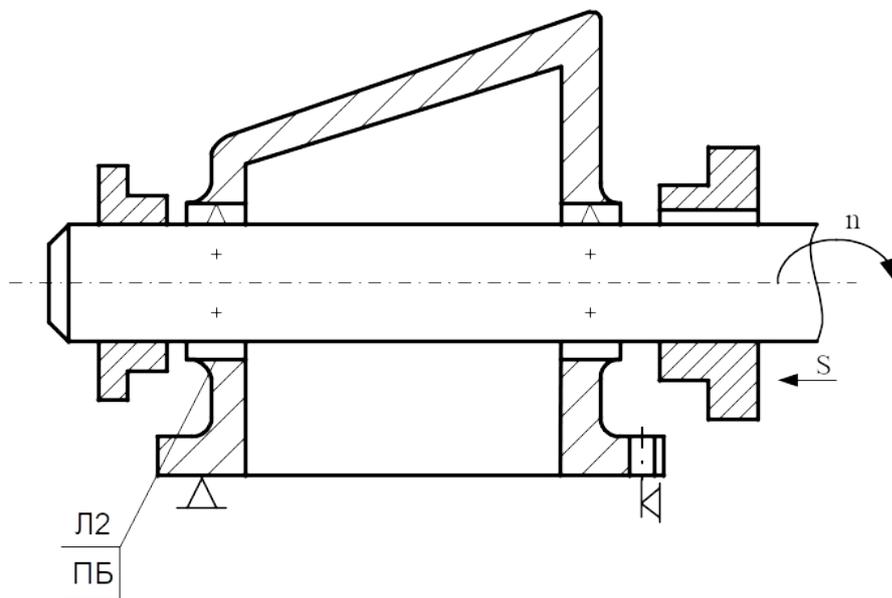
$\omega = \omega_{н\text{ст.}} + \omega_{д\text{ин.}} + \omega_{б\text{аз}}$

Реализация технологических комплексов двухстороннего доступа



II-I Параллельная обработка с одной стороны.

Такой способ возможен, если поверхности имеют несколько направлений доступа.



Общие элементы ТП:

- | | |
|--------------|------------------------------|
| 1) База; | 4) Ось вращения инструмента; |
| 2) Установ; | 5) Число оборотов n ; |
| 3) Операция; | 6) Подача S . |

Применяется такой способ во всех типах производства.

Недостаток: требует специальных приспособлений.

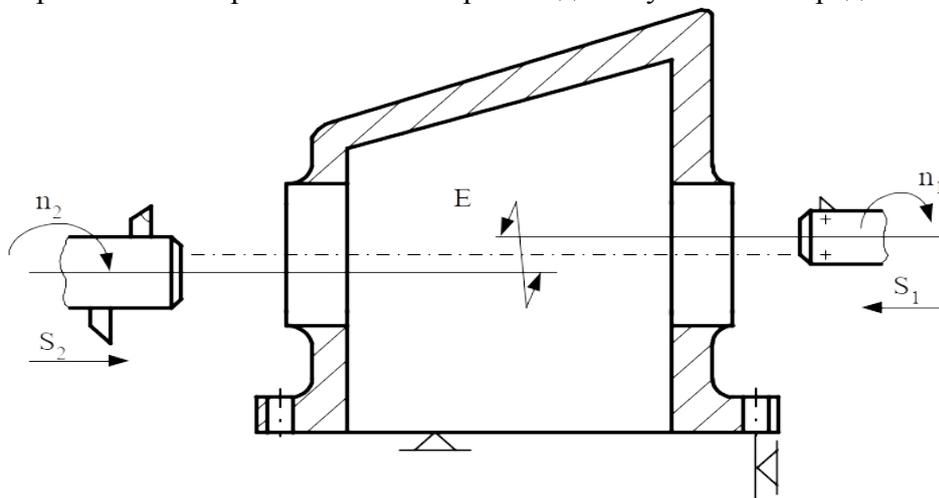
$\omega = 0$;

Используется на расточных станках.



П-2

Параллельная обработка с 2-х сторон с одного установка в пределах одной операции.



Общие параметры:

- 1) База;
- 2) Установ;
- 3) Операция.

$\omega = E + \omega_{\text{дин}}$

Этот способ требует применения специального оборудования. Применяется в крупносерийном и массовом производстве.

Обычно используются агрегатные станки АС.



П-3

Последовательная обработка поверхностей ТК с одного установка, но в несколько позиций в пределах одной операции.

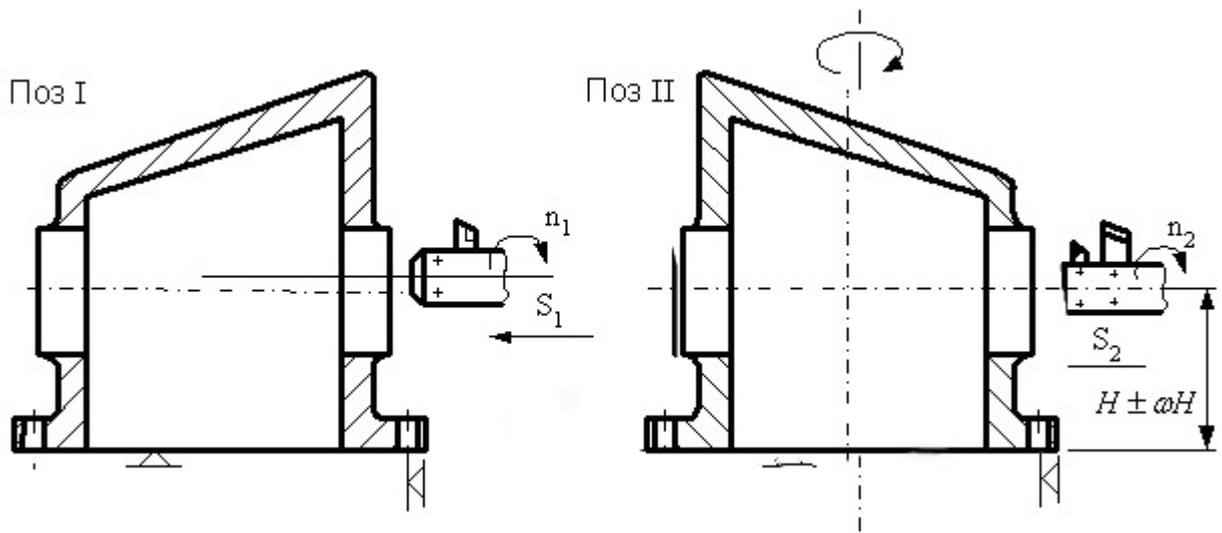


Рис. II-3

Общие параметры:

- 1) База;
- 2) Установ;
- 3) Операция.

$$\omega = \omega_{\text{инд}} + \omega_{\text{коорд.н.}}$$



Это очень популярный способ реализации 2^х сторонних ТК, широко используется во всех типах производства, на автоматических линиях, агрегатных станках и много целевых станках (МЦС).



II-4

Последовательная обработка поверхностей 2^х стороннего ТК от общей базы, на различных установках в пределах одной или нескольких операций.

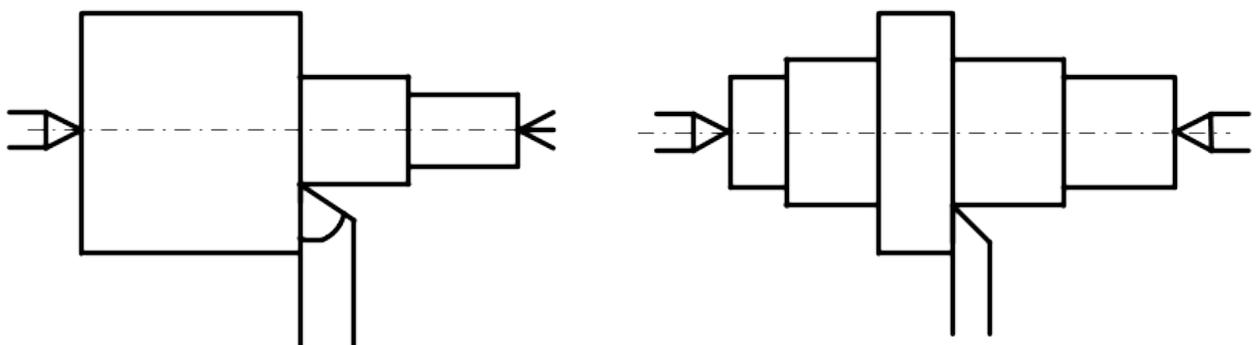
Рис. II-4

Общие параметры:

- 1) база (единая);
- (основание 2 отв.)
- (центр отв.)

$$\omega = \omega_{\text{коорд.н.}} + \omega_{\text{баз.}}$$

$$\omega_{\text{баз.}} = S_{\text{зазор отв.полн.}}$$



II-5

Последовательная обработка поверхностей ТК при которой для обработки одной поверхности в качестве базы принимается другая поверхность ТК.

Этот способ применяется: во-первых в том случае, когда одна из поверхностей ТК является единой базой для обработки всех прочих поверхностей детали.

Например, для реализации ТК ~~ОА~~ АБ плоскость основания

использована в качестве ЕТБ на рисунках II-1, II-2, II-3, II-4; и во-вторых этот способ может использоваться при обработке деталей не имеющих ЕТБ и обрабатываемых при постоянной взаимной смене баз.

Составление карты проектирования ТП

При проектировании ТП очень удобно и наглядно сводить все исходные данные и проектные решения в одну общую таблицу – карту проектирования ТП.

Заполняем первые 2^{-ва} столбца карты начиная с того направления доступа с которого будет обрабатываться чистовая ТБ, по возможности являющаяся ЕТБ.

В детали 2 крепежные отверстия Н2 необходимо обработать с более высокой точностью, чем требуется по их служебному назначению с учетом того, что они используются в качестве базовых.

Обозначение технологических комплексов и взаимосвязанных поверхностей

Дугами с точками будем обозначать номера, принадлежащие одной и той же поверхности, но допускающих двухсторонний доступ.

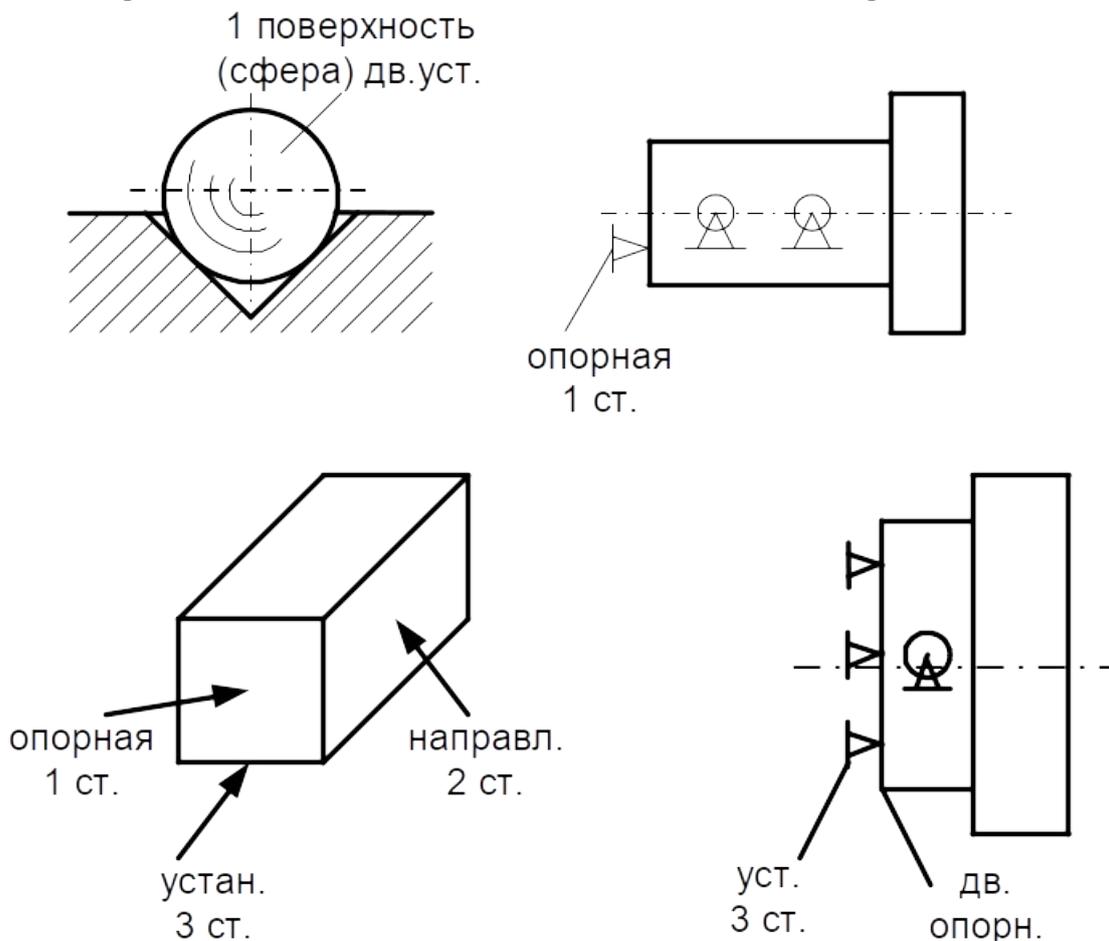
5.7. Выбор технологических баз

Литература:

"Технология машиностроения" (специальная часть) М.73 г. Беспалов. Стр.151-168.

Технологической базой называется поверхность, линия, точка или их совокупность при помощи которых деталь ориентируется в пространстве и занимает определенное положение. Для полного базирования необходимо наличие комплекта баз из 2^х или 3 поверхностей.

Для цилиндрических деталей комплектом баз, необходимо 2 поверхности.



При разработке ТП выбирают теоретическую схему базирования и в общем случае в качестве ТБ выбирают поверхности отвечающие следующим условиям:

1) эти поверхности должны быть достаточно протяженными, чтобы обеспечить min погрешность базирования;

- 2) поверхность выбранная в качестве ТБ, должна обеспечить доступ к возможно большему числу поверхностей обрабатываемых от этой базы;
- 3) поверхности используемые в качестве базовых должны принадлежать элементам детали, имеющим достаточную жесткость;
- 4) поверхности используемые в качестве базовых должны иметь по возможности высокую точность и чистоту обработки.

По стадиям обработки ТБ разделяются на: чистые (чистовые), черные (черновые).

Чистые базы – это предварительно обработанные поверхности на которые базируется деталь на всех этапах обработки.

Черные базы – это комплект необработанных поверхностей в состоянии поставки заготовки, используемых в качестве базовых только на первой операции.

Распределение чистых и черных баз между поверхностями детали следует вести от конечного результата.

Правила выбора чистых баз:

Эти правила противоречат один другому. В качестве чистых баз выбирают поверхности отвечающие следующим требованиям:

- 1) Они должны соответствовать всем требованиям к базам (см. выше).
- 2) Чистые ТБ должны обеспечить обработку наиболее точных, чистых и точно расположенных поверхностей детали.
- 3) При наличии у деталей технологических комплексов поверхностей чистая база должна либо входить в один из этих комплексов, либо обеспечивать обработку всех поверхностей, входящих в эти комплексы.
- 4) Из прочих равных поверхностей в качестве чистой ТБ выбирают ту, которая может служить ЕТБ для обработки всех прочих поверхностей детали.

Требования к черным базам:

- 1) Все общие требования к базам.
- 2) В качестве основной черной базы (установочной или двойной направляющей) выбирается поверхность лишенная заготовочных напусков (уклонов), поэтому у тел вращения с разъемом вдоль оси в качестве главной выбирается цилиндрическая поверхность – двойная направляющая база; те же детали имеющие плоскость разреза поперек оси в качестве основной базы должны иметь торец – установочная база.
- 3) (противоречит требованию 1) В качестве черных баз должны выбираться поверхности, которые в обработанной детали являются наиболее ответственными, например, в корпусах подшипников, корпусах редукторов в качестве черной базы наиболее желательно выбирать ось основного литого отверстия (в книге ТМ спец.курс проведен детальный анализ базирования при различных вариантах выбора баз).

Отступление от этого требования вызывает повышенную погрешность на последующих этапах обработки и требует лишних операций и переходов для достижения соответствующего уточнения.

- 4) Поверхность в качестве черной базы может использоваться только один раз на первой операции.
- 5) На первой операции, где используется черная база, обязательно должна быть обработана чистая, желательно единая ТБ.
- 6) При наличии многофункционального технологического оборудования (обрабатывающие центры, автоматические линии использующие приспособление – спутник) в качестве черной базы являющейся одновременно единой может быть выбрана поверхность, остающаяся необработанной, при условии, что вся обработка осуществляется за одну операцию.

2. Определение размеров обрабатываемых поверхностей.

Классификация припусков на обработку.

Чертеж исходной заготовки отличается от чертежа готовой детали прежде всего тем, что на всех обрабатываемых поверхностях предусматриваются припуски, соответственно изменяющие размеры, а иногда и форму заготовок. Форма отдельных поверхностей исходных заготовок определяется с учетом технологии их получения, требующей в ряде случаев определенных уклонов, радиусов закругления и т.п.

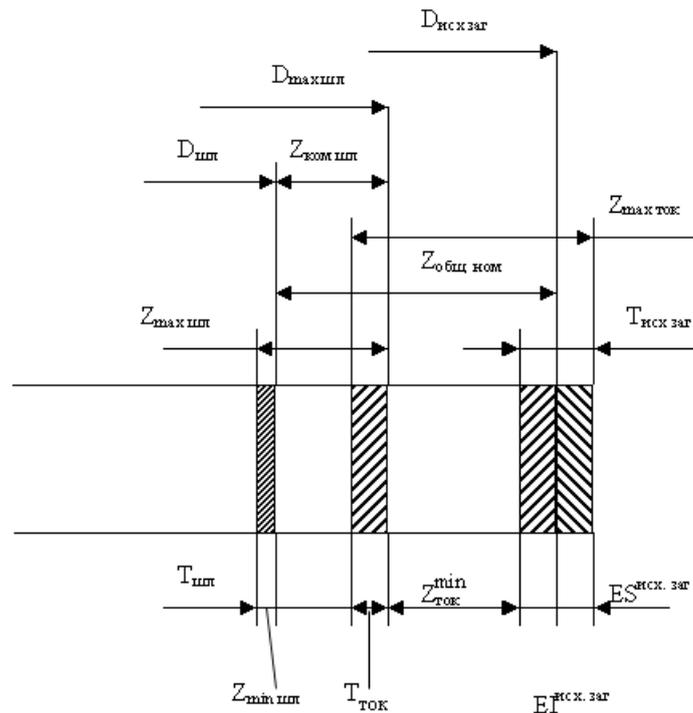
Общим припуском на обработку называется слой материала, удаляемый с поверхности исходной заготовки в процессе механической обработки с целью получения готовой детали.

Установление правильных размеров припусков на обработку является ответственной технико-экономической задачей. Назначение чрезмерно больших припусков приводит к непроизводительным потерям материала, превращаемого в стружку; к увеличению трудоемкости мех. обработки; к повышению расхода режущего инструмента и электрической энергии; к увеличению потребности в оборудовании и рабочей силы. При этом затрудняется построение операций на настроенных станках, снижается точность обработки в связи с увеличением упругих обжатий в ТС, и усложняется применение приспособлений.

Назначение недостаточных припусков не обеспечивает удаление дефектных слоев материала и достижения требуемой точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей, а также вызывает повышение требований к точности исходных заготовок и приводит к их удорожанию, затрудняет разметку и выверку положения заготовок на станках при обработке по методу пробных ходов и увеличивает опасность появления брака.

Операционный припуск – это слой материала, удаляемый с заготовки при выполнении одной технологической операции. Операционный припуск равняется сумме промежуточных припусков, т.е. припусков на отдельные переходы, входящие в данную операцию.

Рассмотрим схему расположения припусков и допусков на обработку вала за две операции (точение и шлифование).



$$Z_{ном} = D_{исх.заг} - D_{дет} \quad (1)$$

$$Z_{ном} = \sum_{i=1}^n Z_i \quad (2)$$

где $Z_{i\text{ ном}}$ – номинальный (расчетный) припуск на отдельную операцию;
 n – общее число операций обработки детали.

Z_i^{\min} - Разность наименьшего предельного размера до обработки и наибольшего предельного размера после обработки на данной операции.

Z_i^{\max} - Разность наибольшего предельного размера до обработки и наименьшего предельного размера после обработки на данной операции.

$$Z_i^{\max} = Z_i^{\min} + TA_{i-1} + TA_i \quad (3)$$

где TA_{i-1} и TA_i – допуски для предшествующей и последующей операции или передов.

Допуск припуска – это разность между максимальными и минимальными значениями размера припуска.

Номинальный операционный припуск $Z_{i \text{ ном}}$ – разность номинальных размеров изделия до и после обработки на данной операции.

$$Z_{i \text{ ном}} = Z_i^{\min} + TA_{i-1} \quad (4)$$

При определении номинального припуска для первой операции обработки заготовки, имеющей симметричное расположение поля допуска, в формулу (4) вводится не все поле допуска, а только его минусовая часть, расположенная «в тело», т.е. нижнее отклонение.

При ориентировочных расчетах можно принять

$$Z_{i \text{ ном}} = (2 \div 4) TA_{i-1} \quad (5)$$

Формулы (4) и (5) показывают, что всякое расширение допусков для предшествующих операций неизбежно вызывает увеличение припуска на обработку для последующих, что обычно ведет к снижению производительности последующих операций. И наоборот, при уменьшении припуска на обработку для данной операции приходится соответственно повышать точность, а следовательно, и стоимость предшествующей обработки.

Наименьший операционный припуск складывается из отдельных элементов, связанных с различными погрешностями.

$$Z_i^{\min} = Z_1 + \sqrt{Z_2^2 + Z_3^2} \quad (6)$$

где Z_1 – слой металла, который надо удалить с заготовки для устранения неровностей после предыдущей обработки и дефектного слоя металла:

$$\text{для тел вращения } Z_1 = 2(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1}) \quad (7)$$

$$\text{при односторонней обработке } Z_1 = (R_{Z_{i-1}} + h_{i-1}) \quad (8)$$

Z_2 – слой металла, удаляемый для компенсации погрешности формы и пространственных отклонений в расположении обрабатываемых поверхностей относительно базовых поверхностей исходной заготовки.

Z_3 – слой металла, удаляемый для компенсации погрешности установки заготовки.

Во всех случаях минимальный припуск не должен быть меньше минимальной толщины стружки, которую может снять режущий инструмент.

Значение составляющих $R_{Z_{i-1}}$, h_{i-1} , Z_2 и Z_3 приводятся в справочной литературе, при этом часто используются обозначения:

$$h \rightarrow T; Z_2 \rightarrow \rho; Z_3 \rightarrow \varepsilon$$

Приведенные формулы показывают, что припуск по существу, является компенсатором всех погрешностей предыдущей обработки заготовки и погрешностей, связанных с выполнением данной технологической операции.

Изложенный расчетно-аналитический метод применяется в крупносерийном и массовом производствах. В единичном и серийном производстве часто пользуются нормативными таблицами припусков.

Расчет припусков на мех. обработку

Расчет припусков на обработку начинается с определения минимального припуска Z_i^{\min} , (6) удаление которого с обрабатываемой поверхности технически необходимо для обеспечения требуемой точности и эксплуатационных свойств детали.

После определения величины минимального припуска устанавливается размер максимально возможного при неблагоприятных условиях припуска Z^{\max} по формуле (3).

В большинстве случаев величина припусков ограничивается их минимальным значением определенным суммой погрешностей, связанных с предшествующей и рассчитываемой операциями, влияние которых необходимо устранить при обработке удалением некоторого слоя металла.

Величина максимального припуска при этом жестко не ограничивается и формируется в зависимости от допусков на предшествующую и проектируемую операции.

Однако в некоторых случаях расчетов величина наибольшего припуска на обработку должна быть также строго ограничена. Так например, для сохранения твердого закаленного слоя после закалки ТВЧ или цементации необходимо, чтобы максимальный припуск на шлифование был меньше глубины закаленного слоя

В некоторых случаях максимальный припуск на шлифование ограничивается из соображений снижения его трудоемкости и т.п.

8. РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ И РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВОК ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПЕРЕХОДАМ

8.1. Методы определения промежуточных припусков, допусков и размеров

Промежуточные припуски имеют важное значение в процессе разработки технологических операций изготовления детали. Правильное назначение промежуточных припусков на механическую обработку заготовки обеспечивает экономию материальных и трудовых ресурсов, качество выпускаемой продукции, снижает себестоимость изделий.

В массовом и крупносерийном производстве промежуточные припуски рекомендуется рассчитывать аналитическим методом, что позволяет обеспечить экономию материала, электроэнергии и других материальных и трудовых ресурсов производства.

В серийном и единичном производстве используют статистический (табличный) метод определения промежуточных припусков на механическую обработку заготовки, что обеспечивает более быструю подготовку производства по выпуску планируемой продукции и освобождает инженерно-технических работников от трудоемкой работы.

После установления промежуточных размеров обрабатываемой поверхности по переходам в соответствии с технологической последовательностью её обработки назначают допуски на эти размеры, соответствующие экономической точности методов обработки выбранных для выполнения операций (переходов). Промежуточные размеры и допуски определяют для каждой обрабатываемой поверхности подлежащей изготовлению детали. Черновые операции обычно следует выполнять с более низкими техническими требованиями на изготовление (12-14-й квалитет), получистовые – на один-два квалитета ниже и окончательные операции выполняются по требованиям рабочего чертежа детали.

Шероховатость обрабатываемых поверхностей зависит от степени точности и назначается по справочным таблицам [28].

Необоснованное повышение качества поверхности и степени точности обработки повышает себестоимость изготовления детали.

Аналитический метод определения припусков

Как уже отмечалось, припуск влияет на себестоимость изготовления детали. При увеличенном припуске повышаются затраты труда, расход материала и другие производственные расходы, а при уменьшенном – приходится повышать точность заготовки, что также увеличивает себестоимость изготовления детали.

Обычно в заготовках, полученных методом литья, могут содержаться раковины, песочные включения, а в штампованных заготовках имеются обезуглероженный слой, микротрещины и другие дефекты. Так, дефектный слой чугуновых отливок по деревянным моделям составляет 1-6 мм, у поковок – 0,5-1,5 мм и у горячекатаного проката – 0,5-1,0 мм.

Для более точного определения припуска на обработку и предотвращения перерасхода материала применяют аналитический метод для каждого конкретного случая с учетом всех требований выполнения заготовок и промежуточных операций изготовления детали. С целью получения деталей более высокого качества необходимо при каждом технологическом переходе изготовления детали предусматривать производственные погрешности, характеризующие отклонения размеров, геометрические отклонения формы поверхности, микронеровности, отклонения расположения поверхности заготовки относительно технологических баз. Все эти отклонения должны находиться в пределах поля допуска на размер обрабатываемой поверхности.

Аналитический метод определения припусков базируется на анализе производственных погрешностей, возникающих при конкретных условиях изготовления детали [28].

Величина промежуточного припуска для плоских поверхностей заготовки определяется по формуле

$$z_{\min} = R_z + h + \rho_o + \varepsilon_y, \quad (14)$$

а для поверхностей типа тел вращения (наружных и внутренних) – по формуле

$$2z_{\min} = 2(R_z + h + \sqrt{\rho_o^2 + \varepsilon_y^2}), \quad (15)$$

где R_z – высота микронеровностей поверхности, оставшихся после выполнении предшествующего технологического перехода, мкм; h – глубина дефектного поверхностного слоя, оставшегося после выполнения предшествующего технологического перехода, мкм; ρ_o – пространственные отклонения поверхности, возникшие после выполнения предшествующего технологического перехода, мкм; ε_y – величина погрешностей установки заготовки при выполняемом технологическом переходе, мкм.

Пространственные отклонения после чистовой обработки обычно исключают при расчетах из-за их малой величины. Пространственные отклонения поверхности и погрешности установки определяют в каждом конкретном случае в зависимости от метода получения заготовки.

Максимальный припуск на обработку поверхности составляет:

для плоских поверхностей

$$z_{\max} = z_{\min} + \delta_n + \delta_b; \quad (16)$$

для поверхностей типа тел вращения

$$2z_{\max} = 2z_{\min} + \delta_{Dn} + \delta_{Dб}, \quad (17)$$

где δ_n и δ_{Dn} – допуск на размер на предшествующем переходе, мм; δ_b и $\delta_{Dб}$ – допуск на размер на выполняемом переходе, мм.

Допуски и шероховатость поверхности на окончательных технологических переходах (операциях) принимают по рабочему чертежу детали.

Для удобства определения промежуточных припусков исходные и расчетные данные по каждой операции (переходу) на конкретную обрабатываемую поверхность в технологической последовательности заносят в таблицу расчета припуска, допуска и промежуточных размеров (табл.24).

Таблица 24

Расчет припусков, допусков и промежуточных размеров обрабатываемой поверхности детали по технологическим операциям [4] (пример заполнения)

Поверхность	Маршрут обработки поверхности	Элементы припусков				Промеж-ут. припуск	Промеж-ут. допуск	Промеж-ут. размер	
		R_z	h	ρ_o	ε_y			z_{\min}	δ_i
		М	М	М	М	М	М	М	М
		кМ	кМ	кМ	кМ	М		М	М
A	Заготовка-прокат	200	300	520,4	-	-	1,8	84,98	82,68

Тока рная: черн овая чист овая	6 0 3 0	6 0 3 0	3 1,2 -	4 50 2 7	23 76 32 2,5	0,46 0,07	8 1,28 8 0,12	8 0,28 7 9,95
Шли фо-вальная	6 2	1	-	-	40	0,03	7 9,97	7 9,94

Табл.24 рекомендуется заполнять в следующем образом:

- в графу «маршрут обработки поверхности» записывают вид заготовки и операции (переходы), установленные на данную обрабатываемую поверхность в технологической последовательности;

- в графу «элементы припусков» заносят величину микронеровностей R_z и глубину дефектного поверхностного слоя h на заготовку и на все операции (переходы) технологической последовательности в зависимости от метода обработки, а также величину погрешности установки заготовки на выполняемой операции (переходе), определяемую по таблице или в результате расчета по формулам; суммарные значения пространственных отклонений ρ_0 рассчитывают аналитическим методом и заносят в соответствующую графу;

- графу «промежуточный допуск на размер» заполняют значениями допусков на заготовку и на промежуточные размеры согласно степени точности заготовки и качества, установленным на размер по каждой операции (переходу).

- значения промежуточных припусков и размеров заносят в соответствующие графы таблицы после расчетов; величины промежуточных размеров D_{\min} и D_{\max} рассчитывают и заполняют начиная от окончательных размеров, получаемых на поверхности при выполнении технологических переходов методами окончательной обработки, до размеров заготовки.

8.2. Расчет припусков при изготовлении деталей из проката

Гладкие, ступенчатые валы и другие аналогичные детали изготавливают из проката повышенной или обычной точности. Методы обработки поверхностей определяют в зависимости от степени точности принятого проката. Для ступенчатых валов расчет припусков и предельных размеров ведут по ступени с наибольшим диаметром, а при их равенстве – по ступени, к которой предъявляют высокие технические требования по точности, качеству поверхности и величине пространственных отклонений поверхности.

Пространственные отклонения поверхности расположения проката определяют по формуле

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{ом}^2 + \rho_{ц}^2}, \quad (18)$$

где $\rho_{ом}$ – величина отклонения формы поверхности заготовки (местная или общая), мкм; $\rho_{ц}$ – величина смещения и поворота поверхности относительно технологических баз при центровке, мкм.

При консольном креплении $\rho_{о.м} = \Delta_y L_k$, при установки в центрах $\rho_{о.м} = 2\Delta_y L_k$, где Δ_y – величина удельного отклонения формы поверхности, мкм/мм; L_k – расстояние от сечения, для которого определяют величину отклонения формы, до места крепления заготовки (при консольной обработке заготовки $L_k \leq L$, а при обработке в центрах $L_k \leq 0,5L$, где L – общая длина заготовки, мм).

Величина $\rho_{ц}$ определяется следующим образом:

$$\rho_{ц} = 0,25\sqrt{\delta_3^2 + 1},$$

где δ_3 – допуск на диаметр базовой поверхности заготовки, использованный при центровке, мм.

Величина остаточного пространственного отклонения поверхности после выполнения перехода (операции)

$$\rho_{ост} = K_y \rho_{0.з},$$

где K_y – коэффициент уточнения (табл. 25); $\rho_{0.з}$ – пространственное отклонение поверхности заготовки, мкм.

Погрешность установки заготовки определяется по формуле

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_{зк}^2}, \quad (19)$$

где $\varepsilon_б$ – погрешность базирования, мкм; $\varepsilon_{зк}$ – погрешность закрепления заготовки, мкм; при совмещении технологической и измерительной баз погрешность базирования $\varepsilon_б = 0$.

При базировании в центрах погрешность установки в радиальном направлении

$$\varepsilon_y = 0,25 \cdot \delta_3,$$

где δ_3 – допуск на диаметральный размер заготовки, мм.

Деформацию заготовок при зажимной силе, направленной перпендикулярно обрабатываемой поверхности, для черновых заготовок принимают 100...150 мкм, после черновой обработки – 50...65 мкм, после чистовой обработки – 10...15 мкм.

При закреплении заготовок в приспособлениях тисочного типа погрешности закрепления находят из соотношения

$$\varepsilon_{зк} = K_3 \cdot b,$$

где K_3 – коэффициент, зависящий от характеристики поверхностей, воспринимающих силу зажима; для поверхностей до обработки $K_3 = 17,5 \times 10^{-4}$, после черновой $K_3 = 5,8$; b – ширина поверхности заготовки, мм.

Промежуточные размеры обрабатываемой поверхности по технологическим операциям (переходам) рассчитываются по формуле

$$D_{pi} = D_{ном i} + 2z_{мини},$$

где $D_{ном i}$ – номинальный размер обрабатываемой поверхности детали на предшествующей операции (переход), мм.

8.3. Расчет припусков при изготовлении деталей из заготовок, полученных методом штамповки и литья

Расчет промежуточных припусков и допусков на заготовку, полученную методом горячей объемной штамповки на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах, производят по той же методике, как и на прокат.

Пространственные отклонения поверхности штампованной заготовки при обработке в патроне определяют по формуле

для наружной поверхности

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_0^2 + \rho_{деф}^2},$$

где $\rho_{ом}$ – величина отклонения формы поверхности заготовки, штампуемой в различных половинах штампа, мм; $\rho_{деф}$ – деформация заготовки, мм;

для отверстий

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{деф}^2 + \rho_{экс}^2},$$

где $\rho_{экс}$ – эксцентricность отверстий, прошиваемых на прессах и горизонтально-ковочных машинах, мм.

Определение величины отклонения формы поверхности (местного или общего) заготовки производят так же, как и для заготовки из проката.

Определение промежуточных припусков и допусков на заготовку, полученную методом литья, производится так же, как и на штампованные заготовки или на сортовой прокат.

Величину пространственных отклонений поверхности литых заготовок при базировании на отверстия находят по формуле

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{0.м.}^2 + \rho_{деф}^2},$$

в которой деформация литых заготовок

$$\rho_{\text{деф}} = \Delta_{\text{деф.у}} L_3,$$

5.9 Расчет и выбор режимов резания

Режим резания металла включает в себя следующие определяющие его основные элементы: глубину резания t (мм), подачу S (мм/об), скорость резания V (м/мин) или число оборотов шпинделя станка n (об/мин).

Исходными данными для выбора режима резания являются:

- 1) Данные об обрабатываемой детали: род материала и его характеристика: форма, размеры и допуски на обработку, допускаемые погрешности, требуемая шероховатость и т.п.
- 2) Сведения о заготовке: род заготовки, величина и характер распределения припусков, состояние поверхностного слоя (наличие корки, окалины, упрочнения)
- 3) Паспорта станков

Элементы режимов резания выбираются таким образом, чтобы была достигнута наибольшая производительность труда, при наименьшей себестоимости технологической операции. Это требование выполняется при работе инструментом рациональной конструкции, а также если станок не ограничивает полного использования режущих свойств инструмента.

Выбор величин элементов резания и параметров инструмента для *точения* ведется в следующем порядке:

- 1) Выбирается глубина резания, устанавливаемая в зависимости от припуска на обработку и числа проходов.

Припуск разбивается на черновой, чистовой и отделочный. Необходимо стремиться к уменьшению числа проходов. Припуск на черновую обработку обычно снимают за 1-2 хода.

Количество чистовых и отделочных ходов выбирается в зависимости от требуемых точности обработки, шероховатости поверхности и состояния поверхностного слоя детали.

- 2) Выбирается режущий инструмент. Устанавливается его тип, размер, материал и наиболее выгодная геометрия в зависимости от: а) вида обрабатываемой детали; б) характера обработки; в) материала режущей части инструмента; г) жесткости и виброустойчивости инструмента.

- 3) Определяются подачи в зависимости от: а) вида деталей и характеристики обрабатываемых поверхностей (жесткости, прочности, виброустойчивости, микрогеометрии); б) режущего инструмента (прочности, жесткости, виброустойчивости, износостойкости); в) характеристики станка (кинематики, прочности, жесткости; виброустойчивости).

Принимается наибольшая подача, допускаемая вышеуказанными ограничивающими факторами.

- 4) Выбирается период стойкости режущего инструмента в зависимости от типа и размера инструмента, характеристики детали и условий работы. Средние значения периода стойкости приводятся в соответствующих нормативах.

- 5) Определяется скорость резания и число оборотов шпинделя в зависимости от ранее выбранных факторов по формуле:

$$V_T = \frac{C_V}{t^{x_V} S^{y_V}} \quad (1)$$

где V_T – скорость резания при выбранном периоде стойкости режущего инструмента, равном T (мин).

x_V и y_V – показатели степени,

C_V – коэффициент зависящий от ряда факторов (материала инструмента и детали, вида обработки, характера обработки).

При выборе другого периода стойкости T_1 , отличного от T

$$V_{T_1} = V_T \left(\frac{T}{T_1} \right)^m \quad (2)$$

где m - показатель относительной стойкости. Величина « m » при точении 0,1-0,3.

По выбранной скорости определяются число оборотов.

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot d} \quad (3)$$

Определив расчетное число оборотов, принимают действительное по паспорту станка, ближайшее к расчетному.

6) Определяются составляющие силы резания и крутящий момент

$$P_Z = C_{P_Z} \cdot t^{x_{P_Z}} \cdot S^{y_{P_Z}} \quad \text{кг (н)}$$

$$M_{кр} = P_Z \cdot \frac{d}{2}$$

7) Определяется потребная мощность станка

$$N_p = \frac{P_Z V}{60 \cdot 75 \cdot 1,36} \quad (\text{кВт})$$

Необходимая мощность привода

$$N_{np} = \frac{N_p}{\eta}$$

где η - к.п.д. станка. В среднем берется $\eta=0,8-0,85$.

Для других видов обработки режимы резания устанавливаются в следующем порядке:

При работе на сверлильных станках сначала определяют подачу, затем скорость резания (по подаче, диаметру сверла и материалу детали). По установленной подаче для данного диаметра сверла подсчитывают крутящий момент. Далее по крутящему моменту и числу оборотов определяют мощность на сверле.

Установление режимов резания для цилиндрических, хвостовых и дисковых фрез заключается в определении при заданной глубине резания, подачи на зуб, минутной подачи, скорости резания, числа оборотов фрезы в минуту, тангенциальной составляющей силы резания и эффективной мощности; при работе торцовыми фрезами определяют подачу на зуб, минутную подачу, скорость резания, число оборотов и эффективную мощность.

При установлении режимов резания для шлифования определяют скорость вращения шлифовального круга (м/с) в зависимости от обрабатываемого материала, скорость вращения детали, продольную подачу круга, поперечную подачу.

Определение режимов резания при многоинструментальной обработке

При обработке на станках с многоинструментальными наладками методика установления режимов резания изменяется.

На практике встречаются 5 вариантов:

1) Обработку заготовок ведут последовательно рядом инструментов, которые работают независимо один от другого; при смене инструмента изменяется и режим резания.

2) Обработку производят параллельно действующими комплексами инструментов, каждый из которых работает независимо от других с различными режимами резания.

3) Обработку заготовок осуществляют комплексом инструментов, закрепленным в одном или нескольких блоках. Инструменты блока имеют единую подачу, но разные скорости резания в зависимости от размера обрабатываемой поверхности, длительность работы каждого инструмента различна. Это характерно для многорезцовых токарных полуавтоматов, токарно-револьверных станков.

4) Комплекс инструментов в блоке имеет единую минимальную подачу, но работает с разными скоростями резания. Случай характерен для многошпиндельных сверлильных, расточных и продольно-фрезерных станков.

5) Комплекс инструментов работает с одинаковой скоростью резания, но с различной подачей (продольно-строгальные станки).

В первых двух случаях режимы резания устанавливаются по приведенной выше методике. Если подача и скорость резания для первого случая оказываются близкими, то для экономии времени

на останов и пуск станка можно использовать средние значения этих составляющих режимов резания.

В третьем случае глубину резания и подачу устанавливают для каждого инструмента по методике для одноинструментальной обработки. По каждому блоку находим наименьшую лимитирующую технологически допустимую подачу. Далее выбирают лимитирующий по скорости резания инструмент, чаще всего тот, который обрабатывает участки заготовки с наибольшим диаметром и наибольшей длиной. Для этого инструмента рассчитывают условную стойкость

$$T_y = T_{\min} \lambda, \text{ где } \lambda = \frac{l_n}{l_{\text{бл}}},$$

l_n – путь подачи лимитирующего инструмента;

$l_{\text{бл}}$ – путь подачи инструментального блока.

Значение T_{\min} выбирают по нормативам в зависимости от количества и типа режущих инструментов, материала обрабатываемой заготовки.

$$V = \frac{A}{T^n}$$

По стойкости T_y находим соответствующую скорость резания по формуле или по нормативам и рассчитывают частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка. По найденным режимам определяют суммарный момент и мощность резания, которые сравнивают с паспортными данными. При необходимости режимы резания корректируют, изменяя подачу и скорость резания.

В четвертом случае для каждого инструмента наладки назначают глубину резания и подачу S_0 на один оборот шпинделя (по нормативам). Аналогично третьему случаю определяют лимитирующие по скорости резания инструменты, и рассчитывают условную экономическую стойкость. По значению T_y вычисляют или находят по нормативам значения скорости резания V_n и частоты вращения n_n для каждого инструмента. Минутную подачу инструмента определяют по формуле $S = S_0 n_n$. Минутную подачу всей многошпиндельной головки принимают по наименьшей S .

$$n_{ш} = \left(\frac{S}{S_n} \right) n_n$$

Корректируют значения $V_{ш}$ и $n_{ш}$ для различных шпинделей по формуле. По найденным режимам резания шпинделей рассчитывают суммарный момент и мощность резания, сравнивают их с паспортными данными и при необходимости корректируют режимы резания.

Режимы резания для пятого случая устанавливают в аналогичной последовательности. Для каждого инструментального блока (суппорта) выбирают минимальную подачу и по наибольшему пути резания лимитирующие инструменты. Для всех блоков по лимитирующим инструментам рассчитывают скорость резания. Режимы резания согласовывают с паспортными данными станка.

Лекция 12 НОРМИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Техническая норма времени на изготовление детали является одним из основных параметров для расчета стоимости изготавливаемой детали, числа производственного оборудования, заработной платы рабочих и планирования производства.

Техническую норму времени определяют на основе технических возможностей технологической оснастки, режущего инструмента, станочного оборудования и правильной организации рабочего места.

Норма времени является одним из основных факторов для оценки совершенства технологического процесса и выбора наиболее прогрессивного варианта изготовления детали.

В крупносерийном и массовом производстве общая норма времени (мин) на операцию механической обработки одной детали определяется по формуле

$$T_{ш} = T_o + T_v + T_{т.о} + T_{о.п.},$$

где T_0 – технологическое (основное) время, мин; T_B – вспомогательное время, мин; $T_{т.о}$ – время на обслуживание рабочего места, мин; $T_{о.п}$ – время на физические потребности (отдых и естественные надобности), мин.

Технологическое время для обработки в несколько проходов

$$T_0 = L_{р.х} i / (n_{ст} s_{ст}),$$

где $L_{р.х}$ – расчетная длина рабочего хода режущего инструмента, т.е. путь, проходимый режущим инструментом в направлении подачи, мм, определяется по формуле (30); i – число рабочих ходов режущего инструмента; $n_{ст}$ – частота вращения шпинделя станка, принятая по паспорту станка, об/мин; $s_{ст}$ – подача по паспортным данным станка, мм/об.

Вспомогательное время T_B на обработку заготовки зависит от степени механизации, массы заготовки и других элементов, выполняемых на данной операции. Оно состоит из времени на установку и снятия детали $T_{уст}$; времени, связанного с переходом $T_{пер}$ (установка инструмента по лимбу, упору, разметка; предварительный промер; взятие пробной стружки и т.д.); времени, связанного с переходом на приемы, не вошедшие в комплексы $T_{пер.к}$ (изменение частоты вращения шпинделя станка, изменение подачи, поворот резцовой головки и т.д.); времени на контрольные измерения $T_{изм}$, которое устанавливается по нормативным таблицам [19,22] и табл.45 в зависимости от точности измерения, размеров

измеряемых поверхностей с учетом коэффициента периодичности. Формула для расчета вспомогательного времени имеет вид

$$T_B = (T_{уст} + \sum T_{пер} + \sum T_{пер.к} + \sum T_{изм}) K_{тв},$$

где $K_{тв}$ – поправочный коэффициент на вспомогательное время в зависимости от размера партии обрабатываемых изделий (табл.46).

Время на техническое обслуживание рабочего места, затрачиваемое на установку, снятие и замену затупившихся режущих инструментов, на заправку шлифовальных кругов, смазывание и подналадку станка, уборку стружки в процессе работы и т. д. определяется следующим образом:

$$T_{т.о} = (T_0 + T_B) (a_{п.о}/100),$$

где $a_{п.о}$ – время на техническое обслуживание рабочего места в процентах к оперативному времени, которое выбирается по нормативным таблицам в зависимости от типа производства.

Время на отдых и физические потребности

$$T_{о.п} = (T_0 + T_B) (a_{т.о}/100),$$

где $a_{т.о}$ – время на отдых и физические потребности (в %) к оперативному времени, которое выбирают по нормативным таблицам (табл.47).

В серийном и единичном производстве за техническую норму времени принимается штучно-калькуляционное время, формула для расчет которого имеет вид

$$T_{ш.к} = T_{ш} + (T_{пз}/n_d),$$

где $T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на подготовку и наладку станка для обработки данной партии деталей, получение необходимой технологической оснастки, документации, а также на сдачу обработанных деталей, документации и оснастки; n_d – число обрабатываемых деталей в партии.

ПРИМЕР. Определить норму штучного времени на черновую зубофрезерную операцию. Исходные данные:

Деталь - косозубое цилиндрическое колесо. Материал детали - сталь 45 ГОСТ 1050-74, $\sigma_s = 600$ Н/м. Масса детали 6 кг. Оборудование - зуборезный станок 5Е32. Приспособление - оправка. Охлаждение - масло. Модуль зуба $t = 4$ мм. Число зубьев зубчатого колеса $z = 40$. Ширина венца зубчатого колеса $B_s = 40$ мм, $\beta_0 = 30^\circ$.

Содержание операции:

- 1. Установить, закрепить, раскрепить и снять четыре заготовки.*
- 2. Фрезеровать зубья $t = 4$ мм, $z = 40$.*

Решение.

1. Выбираем червячную модульную фрезу с наружным диаметром $D_0 = 100$ мм, с модулем $t = 4$ мм по ГОСТ 9224-74. Червячная фреза двузаходная, класс точности С. Направление подъема

витка фрезы и зуба нарезаемого колеса одноименное. Материал режущей части червячной фрезы из стали P18 ГОСТ 19256-73. Стойкость фрезы $T_{см} = 480$ мин.

2. Нарезание зубьев зубчатого колеса производим за один рабочий ход. Глубина резания $t_p = 9$ мм.

3. Подачу для двузаходной червячной фрезы выбираем по нормативным таблицам: $s_{табл} = 1,2-1,4$ мм/об. Корректируем величину подачи, учитывая поправочный коэффициент на твердость материала стали 45 ГОСТ 1050-88 ($K_M=0,9$) и угол наклона зубьев и витков ($K_\beta = 0,8$):

$$s_{расч} = s_{табл} K_M K_\beta = 1,4 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 1,008 \text{ мм/об}$$

Принимаем по паспорту станка: $s_{см} = 1$ мм/об.

4. Выбираем скорость резания по табличным нормативам:

$$V_{табл} = 0,7 \text{ м/с (42 м/мин)}.$$

Корректируем скорость резания с учетом поправочных коэффициентов на сталь 45, НВ 170... 207: $K_{Mv} = 0,8$ и $K_\beta = 0,9$.

Определяем расчетную скорость резания по формуле

$$V_{расч} = s_{табл} K_{Mv} K_\beta = 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 0,5 \text{ м/с (30 м/мин)}.$$

5. Определяем частоту вращения червячной фрезы:

$$n_{фр.расч} = \frac{V_{расч} \cdot 1000 \cdot 60}{\pi \cdot D_n} = \frac{0,5 \cdot 1000 \cdot 60}{3,14 \cdot 100} = 95,51 \text{ об/мин}.$$

Устанавливаем частоту вращения фрезы по паспорту станка: $n_{см} = 100$ об/мин.

6. Действительную скорость резания определяем по формуле:

$$V_\delta = \pi \cdot D_n \cdot n_{см} / (1000 \cdot 60) = 3,14 \cdot 100 \cdot 100 / (1000 \cdot 60) = 0,62 \text{ м/с}.$$

7. Длину рабочего хода инструмента в процессе обработки определяем по формуле

$$L_{р.х} = (L_{расч} + l_1 + l_2 + l_3) \cdot z_3 = (160 + 2 + 37,2 + 2) \cdot 40 = 8048 \text{ мм}.$$

$$L_{расч} = 40 \text{ мм (принимаем по чертежу детали); } l_1 = 2 \text{ мм; } l_3 = 2 \text{ мм}.$$

Величину врезания l_2 определяем по формуле

$$L_2 = (1,1 \div 1,3) \cdot \sqrt{h(D_n - h)} = 1,3 \sqrt{9(100 - 9)} = 37,2 \text{ мм},$$

где h - глубина впадины зуба мм, $h = t \cdot (h = 2,25t = 2,25 \cdot 4 = 9 \text{ мм})$.

В связи с одновременной обработкой четырех зубчатых колес необходимо увеличить $L_{расч}$ в 4 раза ($L_{расч} = 40 \cdot 4 = 160 \text{ мм}$).

8. Основное (технологическое) время на обработку зубьев четырех зубчатых колес определяем по формуле

$$T_o = \frac{L_{р.х.}}{s_{см} n_{см} K_{зах}} = \frac{8048}{1 \cdot 100 \cdot 2} = 40,24 \text{ мин}.$$

На одно нарезаемое зубчатое колесо основное время составит:

$$T_o = 40,24 / 4 = 10,06 \text{ мин}.$$

9. Вспомогательное время на операцию T_β определяем по нормативным таблицам. Вспомогательное время на установку детали на оправку с массой до 5 кг $T_{уст} = 0,7$ мин. Добавочное вспомогательное время на каждую последующую установку детали $T_{доб}$ на оправку составит: $T_{доб} = 0,26$ мин.

$$T_\beta = 0,7 + 0,26 = 0,96 \text{ мин}.$$

Время на контрольные измерения в норму вспомогательного времени не включается, так как перекрывается основным временем.

10. Время на обслуживание рабочего места для зуборезных работ определяется в процентах от основного времени, где $a_{м.о} = 3\%$:

$$T_{м.о} = T_o a_{м.о} / 100 = 10,06 \cdot 3 / 100 = 0,3 \text{ мин}.$$

11. Время на отдых и естественные надобности рабочего определяют (в %) от оперативного времени, где $a_{отл} = 4\%$:

$$T_{отл} = \frac{(T_o + T_\beta) \cdot a_{отл}}{100} = \frac{(10,06 + 0,96) \cdot 4}{100} = 0,44 \text{ мин}.$$

12. Штучное время на изготовление одной детали составит:

$$T_{шт} = T_o + T_\beta + T_{т.о} + T_{отл} = 10,06 + 0,96 + 0,3 + 0,44 = 11,76 \text{ мин}.$$

Подготовительно-заключительное время для массового производства не определяется.

Лекция 13

Технико-экономические показатели разрабатываемых ТП

ТП изготовления каждой детали можно разработать в нескольких вариантах, обеспечивающих выполнение заданных технических условий. Наиболее приемлемый вариант выбирают, сопоставляя технико-экономические показатели, характеризующие сравниваемые варианты. Выбор показателей по степени их полноты и значимости зависит от того, на каком этапе сопоставляют варианты ТП. На первых этапах проводят предварительную оценку вариантов, которая позволяет по внешним признакам эффективности (снижение материалоемкости, трудоемкости, обработки и т.п.) отобрать наиболее приемлемый.

На этапе выбора заготовки в качестве показателей предварительной оценки используют:

- 1) коэффициент использования материала

$$K_{u.m.} = \frac{m_{\partial}}{m_3},$$

где m_{∂} , m_3 - масса детали и заготовки.

При технически равнозначных методах выбирают тот, где значение коэффициента использования материала выше. Для повышения $K_{u.m.}$ необходимо приближать форму заготовки к конфигурации готовой детали, повышать точность ее изготовления и улучшать качество поверхностного слоя.

- 2) снижение материалоемкости

$$\Delta m = (m_{зб} - m_{зн})B,$$

где $m_{зб}$, $m_{зн}$ - соответственно масса заготовки при базовом и новом варианте;
B – объем выпуска деталей (шт).

Значимость показателя Δm возрастает при значительном увеличении объема выпуска деталей при разработке нового ТП.

На этапе разработки технологической операции используют следующие показатели:

- 1) Коэффициент основного времени

$$\eta_0 = \frac{t_0}{t_{um}}$$

Чем выше значение η_0 , тем производительнее используется станок. Коэффициент может быть применен и для оценки всего процесса в комплексе. Тогда η_0 будет представлять собой отношение суммарного основного времени по всем операциям обработки к сумме штучных времен по всем операциям.

- 2) Трудоемкость механической обработки детали

$$T_{\partial} = \sum_{i=1}^n t_{um_i}$$

где n – число операций в данном ТП.

В серийном производстве определяют трудоемкость изготовления партии деталей

$$T_n = t_{n.z.} + t_{um} \cdot n_{\partial}$$

где $t_{n.z.}$ – подготовительно-заключительное время;

n_{∂} - число деталей в партии.

Для различных заготовок или изделий, существенно отличающихся по массе, имеется определенная взаимосвязь между трудоемкостью и массой:

$$T_{д.н.} = T_{д.б.} \sqrt[3]{\left(\frac{m_{3н}}{m_{3б}}\right)^2}$$

3) Сокращение нормы времени на операцию

$$H_{вр} = \frac{t_{и1} - t_{и2}}{t_{и1}} \cdot 100\%$$

$$H_{вр} = \frac{T_{норм1} - T_{норм2}}{T_{норм1}} \cdot 100\%$$

Перечисленные выше показатели используют на первых этапах разработки ТП. Самостоятельного значения для оценки технологических вариантов они не несут.

На завершающем этапе разработки ТП проводят полную оценку вариантов путем сравнения себестоимости обработки заготовок, отражающей затраты живого и овеществленного труда.

Существует два основных метода определения себестоимости: бухгалтерский и метод прямого калькулирования (поэлементный).

При бухгалтерском методе себестоимость изготовления детали определяют по формуле:

$$C = M_0 + Z_0 + Ц$$

где M_0 – стоимость основных материалов или исходной заготовки за вычетом стоимости реализуемых отходов;

Z_0 – заработная плата основных производственных рабочих;

$Ц$ – цеховые расходы, связанные с амортизацией и ремонтом оборудования, а также с затратами на силовую электроэнергию, режущий, измерительный, вспомогательный инструмент и приспособления, на заработную плату вспомогательных рабочих цеха, ИТР, управленческого и обслуживающего персонала цеха и т.д.

Цеховые расходы при калькулировании себестоимости определяют в процентах от заработной платы основных рабочих цеха: тогда себестоимость (текущие затраты) можно выразить так:

$$C = M_0 + Z_0 \left(1 + \frac{ц}{100}\right)$$

где $ц$ – процент цеховых (накладных) расходов.

Процент накладных расходов зависит от типа, степени автоматизации и организационной структуры производства и изменяется в широких пределах.

Изложенный метод прост, но мало пригоден для сравнения вариантов, т.к. не позволяет выделить составляющие цеховых расходов. Его можно использовать при приближенном определении себестоимости однородной продукции цеха, изготавливаемой на оборудовании и оснастке, одинаковых по степени сложности и размерам.

Наиболее точным является метод прямого расчета всех составляющих себестоимости. В этом случае полную себестоимость продукции определяют по формуле:

$$C = M_0 + Z_0 + Z_в + A_0 + И + A_{Т.О} + Л + P_0 + П + P$$

где $Z_в$ – заработная плата вспомогательных рабочих;

A_0 – амортизационные отчисления от стоимости оборудования;

$И$ – затраты на инструмент и малоценные приспособления;

$Л$ – затраты на энергию для технологических целей;

P_0 – затраты на ремонт оборудования;

$П$ – затраты на амортизацию и содержание производственных площадей;

P – затраты на ремонт и обслуживание управляющих устройств и программ (для станков с ЧПУ).

Метод прямого расчета себестоимости трудоемок. При сопоставлении разрабатываемых вариантов допустимы приближенные расчеты. Так, при составлении вариантов можно ограничиться учетом изменений первых пяти статей расходов, составляющих наибольшую долю в себестоимости

продукции. Остальные затраты учитывают тогда, когда применение разрабатываемого нового варианта приведет к значительному их изменению. Далее себестоимость обработки детали рассчитывают по тем статьям затрат, которые изменяются в сравниваемых вариантах, т.е. по технологической себестоимости. Сократить трудоемкость расчета себестоимости можно также, применив так называемый нормативный метод расчета.

При этом методе расчета используют таблицы, в которых указаны периодически корректируемые расходы по всем элементам себестоимости приведенные к одному часу или минуте работы станка. Расчет себестоимости сводится к выбору из этих таблиц расходов по каждому элементу, суммированию их и умножению полученной суммы на штучное время проектируемой операции.

Сравнение вариантов на основе минимума себестоимости проводят в том случае, если сравниваемые варианты не требуют для своего выполнения дополнительных капиталовложений. В этом случае экономию определяют по формуле:

$$\mathcal{E} = (C_{\bar{o}} - C_n) B_n,$$

где $C_{\bar{o}}$, C_n – себестоимости изготовления одной детали по базовой и новой технологии;

B_n – объем выпуска деталей по новой технологии, шт.

Если новый ТП требует дополнительных капиталовложений оценку вариантов следует вести путем сопоставления суммарных затрат

$$П = C + K$$

где K – капиталовложения по данному ТП.

Суммарные затраты $П$ определяют для каждого сравниваемого варианта. Лучшим признается вариант с минимальными затратами $П_{i \min}$.

Годовой экономический эффект от внедрения лучшего варианта по сравнению с другими определяются разностью суммарных затрат этих вариантов

$$\mathcal{E}_i = П_i - П_{i \min}$$

При существенных различиях сравниваемые варианты приводят в сопоставимый вид по объему выпуска и качеству продукции, а также по срокам осуществления варианта. Например, если по новой технологии объем выпуска деталей возрос по сравнению с базовым, то себестоимость продукции и капитальные вложения по базовому варианту нужно пересчитать на объем выпуска по новой технологии

$$\mathcal{E} = (C_0 + K_0) \frac{B_n}{B_{\bar{o}}} - (C_n + K_n)$$

где C – себестоимость,

K – капиталовложения,

B – объем выпуска.

В дополнение к годовому экономическому эффекту целесообразно определять срок окупаемости дополнительных капиталовложений на оборудование СТО по новому варианту:

$$\tau_{расч} = \frac{K_n - K_{\bar{o}}}{C_{\bar{o}} - C_n}$$

Срок окупаемости сравнивают с тем сроком, на какой предприятие, государство, банк или какие либо другие организации могут выделить необходимые средства для совершенствования старого или разработки нового ТП

13. ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Разработка технологического процесса изготовления детали заканчивается составлением и оформлением комплекта технологических документов.

Состав и формы технологических карт, входящих в комплект документов, зависят от вида технологического процесса (единичный, типовой или групповой), типа производства и степени

использования средств вычислительной техники и информационных технологий. По степени детализации информации каждый из указанных видов технологических процессов предусматривает различное изложение содержания операций и комплектность документов.

В маршрутном технологическом процессе содержание операций излагается в маршрутной карте без указания переходов, режимов обработки. Такая форма применяется в единичном и мелкосерийном типах производства.

В операционном технологическом процессе маршрутная карта содержит только наименование всех операций в технологической последовательности, включая контроль, термообработку, перемещение и т. п., технологическое оборудование и перечень документов. Сами операции подробно описываются в операционных картах. Такая форма применяется в серийном и массовом типах производства.

В маршрутно-операционном технологическом процессе предусматривается краткое описание содержания отдельных операций в маршрутной карте, а остальные операции оформляются в операционных картах.

Маршрутная карта является основным и обязательным документом любого технологического процесса. Формы и правила оформления маршрутной карты регламентируются по ГОСТ 3.1118 – 82.

К заполнению граф технологических документов предъявляются следующие требования:

- 1) каждая строка мысленно делится по горизонтали пополам и информацию записывают в нижней части, оставляя верхнюю часть для внесения изменений;
- 2) для граф, выделенных утолщенными линиями, существует три варианта заполнения:
 - графы заполняются кодами и обозначениями по классификаторам и стандартам;
 - информация записывается в раскодированном виде;
 - информация записывается в виде кодов с расшифровкой.

Для изложения технологических процессов в маршрутной карте используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ. Служебные символы условно выражают состав информации, размещаемой в графах данного типа строки, и предназначены для обработки информации средствами автоматизации. В качестве служебных символов приняты прописные буквы русского алфавита, проставляемые перед номером соответствующей строки. Указание соответствующих служебных символов в зависимости от размещаемого состава информации, в графах маршрутной карты (рис.31) следует выполнять в соответствии с табл.51.

Таблица 51

Содержание информации на строках маршрутной карты
в соответствии со служебными символами

Обозначение служебного символа	Содержание информации, вносимой в графы, расположенные на строке
А	Номер цеха, участка, рабочего места, код и наименование операции, номер инструкции по охране труда
Б	Код, наименование оборудования, информация о трудозатратах, код профессии, разряд, условия труда, объем партии, единица нормирования
К	Информация о комплектации СЕ (изделия) с указанием наименования и обозначения деталей, СЕ, их количества
М	Информация о применяемом материале, исходной заготовке, коде единицы величины, единице нормирования, о массе детали и заготовки, норме расхода
О	Содержание перехода
Т	Информация о применяемой технологической оснастке

27	28	29	30	31	32	33	34	35	1	2	3	36	37	4	5	6
Дури	Всеч	Лодн	Монир	25.10.99	25.10.99	070179	Код эагот:	XXX 322705 XXX	10141 XXXX	ГОСТ 3 718 - 82	3	1	1	1	1	1
Равод	Продерил	Лавел	Монир	25.10.99	25.10.99	070179	Код эагот:	XXX 322705 XXX	10141 XXXX	ГОСТ 3 718 - 82	3	1	1	1	1	1
Лавел	Монир	25.10.99	25.10.99	070179	Код эагот:	XXX 322705 XXX	10141 XXXX	ГОСТ 3 718 - 82	3	1	1	1	1	1	1	1
М.01	Круг В25	ГОСТ 2590 - 71 / 45	ГОСТ Ю50 - 74	Код эагот:	XXX 322705 XXX	10141 XXXX	ГОСТ 3 718 - 82	3	1	1	1	1	1	1	1	1
М.02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н рас.	КИМ	Код эагот:	XXX 322705 XXX	10141 XXXX	ГОСТ 3 718 - 82	3	1	1	1	1	1
А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование, операции	Код, наименование, операции	Код эагот:	XXX 322705 XXX	10141 XXXX	ГОСТ 3 718 - 82	3	1	1	1	1	1
Б	Код, наименование, оборудования	СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОНД	ЕН	ОП	К шт	Т шт	Т шт	Т шт	Т шт	Т шт	Т шт
А.03	XX XX 005	4280	Абразивно - отрезная	2	16869	211	р	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Б.04	38176 X XXX	BR240														
Т.05	39631 XXXX	тиски	машинные: 398110 XXXX	круг	абразивный Д1 500 х 76 х 5	25А 76	СП1	1	БС	90	н/с	А	1	кп		
06	XXXXXX XXXX	шаблон														
А.07	XX XX 010	4269	Фрезерно - центральная	ИОТ	XXX											
Б.08	381825 XXXX	MP76 M														
Т.09	391855 XXXX (2)	Фреза тарельчатая	Ф160	В - 10	ВК 6											
10	393311 XXXX	шц - 1 - 150 - 0.1	393311 XXXX	шц - II - 250 - 0.05												
А.11	XX XX 015	4110	Токарная черновая	ИОТ	XXX											
Б.12	381101 XXXX	16K20														
Т.13	392101 XXXX	р. пр. ВК6	393120 XXXX	калибр - скоба	XXXXXX XXXX	шаблон										
14																
А.15	XX XX 020	XXXX	Термическая - нормализация	ИОТ	XXX											
МК																

Рис.3.1. Пример заполнения маршрутной карты

Содержание информации, вносимой в отдельные графы и строки маршрутной карты

№ п/п	Условное обозначение	Служеб. символ	Содержание информации						
1	2	3	4						
1	–	–	Наименование изделия (детали, СЕ)						
2	–	–	Обозначение изделия по основному конструкторско-торговому документу или код по конструкторско-кому классификатору						
3	–	–	Код технологических признаков для типовых и групповых технологических процессов по технологическому классификатору						
4	–	–	Обозначение документа по ГОСТ 3.1201 – 85						
5	–	–	Общее количество листов документа						
6	–	–	Порядковый номер листа документа						
7	–	–	Литера, присвоенная технологическому документу						
8	–	–	Графа для особых указаний						
9	Обозначение документа	А	Обозначение документов, применяемых при выполнении операции (например, ИОТ – инструкция по охране труда)						
10	T _{шт}	Б	Норма штучного времени на операцию (мин)						
11	T _{пз}	Б	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию (мин)						
12	K _{шт}	Б	Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании:						
			ол. станко	К	1	2	3	4	5
			шт	К	1	0,65	0,48	0,39	0,35
13	ОП	Б	Объем производственной партии						
14	ЕН	М02, Б, К, М	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала, или норма времени						
15	КОИД	Б	Количество одновременно обрабатываемых заготовок						
16	КР	Б	Количество исполнителей, занятых при выполнении операции						
17	УТ	Б	Код условий труда. Включает в себя цифру (условия труда) и букву (вид нормы времени). Условия труда: 1 – нормальные; 2 – тяжелые или вредные; 3 – особо тяжелые (вредные). Вид нормы времени: Р – расчетно-аналитическая; И – исследовательски-аналитическая; Х – хронометражная; О –						

			опытно-статистическая
1	2	3	4
8	Р	Б	Разряд работы (и, возможно, код формы оплаты труда)
19	ПРОФ	Б	Код профессии по классификатору
20	СМ	Б	Код степени механизации труда (1 – наблюдение за работой авт. оборудования; 2 – работа с помощью авт. оборудования; 3 – вручную на станках и машинах; 4 – вручную; 5 – наладка).
21	Код, наименование оборудования	Б	Код и наименование оборудования
22	Код, наименование операции	А	Код операции по классификатору. Наименование операции.
23	Цех	А	Номер цеха, в котором выполняется операция
24	Уч	А	Номер участка
25	РМ	А	Номер рабочего места
26	Опер	А	Номер операции по технологическому процессу
27	Код	М02	Код материала
28	ЕВ	М0 2, К М	Код единицы величины (массы, длины и т.п.). Допускается указывать единицы измерения.
29	МД	М02	Масса детали
30	ЕН	М0 2, Б К, М	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода (например, 1, 10, 100)
31	$N_{расх}$	М0 2, К	Норма расхода материала
32	КИМ	М02	Коэффициент использования материала
33	Код заготовк и	М02	Код заготовки по классификатору. Допускается указывать вид заготовки.
34	–	М01	Наименование, сортамент, размер, марка материала, обозначение ГОСТ или ТУ.
35	Профил ь и размеры	М02	Обозначение профиля и размеров заготовки
36	КД	М02	Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки
37	МЗ	М02	Масса

Указание данных по технологическому режиму следует выполнять после записи состава применяемой технологической оснастки.

Информацию о технологической оснастке следует записывать в такой последовательности:

- 1) приспособления;
- 2) вспомогательный инструмент;
- 3) режущий инструмент;
- 4) средства измерения.

Допускается применять условное обозначение видов технологической оснастки: ПР – приспособления; ВИ– вспомогательный инструмент; РИ – режущий инструмент; СИ – средства измерения.

При описании содержания перехода необходимо указывать данные по основному (T_o) и вспомогательному (T_b) времени на уровне строки, где заканчивается описание содержания перехода под служебным символом «О». Основные графы операционной карты (рис.32) соответствуют аналогичным графам маршрутной карты. Информацию по дополнительным графам следует вносить в соответствии с табл.53.

Запись содержания перехода следует выполнять в соответствии с рекомендациями ГОСТ 3.1702 – 79.

Таблица 53 Информация по дополнительным графам операционной карты

Номер пункта поиска	Наименование (условное обозначение графы)	Содержание информации
1	2	3
1	-	Графы для записи содержания перехода, информации по оснастке, режущему и измерительному инструменту
2	ПИ	Номер позиции инструментальной наладки Графа заполняется для станков с ЧПУ
3	T_o	Норма основного времени на операцию, мин
4	Д или В	Расчетный размер обрабатываемого диаметра (ширины) детали. Данные по “Д” или “В” указываются с учетом величины врезания и перебега.
5	T_b	Норма вспомогательного времени на операцию, ми
6	L	Расчетный размер длины рабочего хода с учетом величины врезания и перебега
7	t	Глубина резания
8	i	Число рабочих ходов
9	S	Подача

1	2	3
10	n	Частота вращения шпинделя
11	V	Скорость резания
12	-	Номер операции
13	СОЖ	Информация по применяемой смазочно-охлаждающей жидкости

Тема №1.: ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

1. Характеристика корпусных деталей

К корпусам относят детали, содержащие систему отверстий и плоскостей, координированных друг относительно друга. К корпусам относят корпуса редукторов, коробок передач, насосов и т. д.

Корпусные детали служат для монтажа различных механизмов машин. Для них характерно наличие опорных достаточно протяженных и точных плоскостей, точных отверстий (основных), координированных между собой и относительно базовых поверхностей и второстепенных крепежных, смазочных и других отверстий.

Технологические задачи

Точность размеров:

- точность диаметров основных отверстий под подшипник по 7-му качеству с шероховатостью $Ra = 1,6 \dots 0,4$ мкм. реже - по 6-му качеству $Ra = 0,4 \dots 0,1$ мкм;
- точность межосевых расстояний отверстий для цилиндрических зубчатых передач с межцентровыми расстояниями 50...800 мм от ± 25 до ± 280 мкм;
- точность расстояний от осей отверстий до установочных плоскостей колеблется в широких пределах от 6-го до 11-го квалитетов.

Точность формы:

- для отверстий, предназначенных для подшипников качения, допуск круглости и допуск профиля сечения не должны превышать (0,25...0,5) поля допуска на диаметр в зависимости от типа и точности подшипника;
- допуск прямолинейности поверхностей прилегания задается в пределах 0,05...0,20 мм на всей длине;
- допуск плоскостности поверхностей скольжения 0,05 мм на длине 1 м.

Точность взаимного расположения поверхностей:

- допуск соосности отверстий под подшипники в пределах половины поля допуска на диаметр меньшего отверстия;
- допуск параллельности осей отверстий в пределах 0,02...0,05 мм на 100 мм длины;
- допуск перпендикулярности торцовых поверхностей к осям отверстий в пределах 0,01...0,1 мм на 100 мм радиуса;
- у разъемных корпусов несовпадение осей отверстий с плоскостью разъема в пределах 0,05...0,3 мм в зависимости от диаметра отверстий.

Качество поверхностного слоя. Шероховатость поверхностей отверстий $Ra = 1,6 \text{ — } 0,4$ мкм (для 7-го квалитета); $Ra = 0,4 \text{ — } 0,1$ мкм (для 6-го квалитета); поверхностей прилегания $Ra = 6,3 \dots 0,63$ мкм. поверхностей скольжения $Ra = 0,8 \dots 0,2$ мкм, торцовых поверхностей $Ra = 6,3 \dots 1,6$ мкм. Твердость поверхностных слоев и требования к наличию в них заданного знака остаточных напряжений регламентируются достаточно редко и для особо ответственных корпусов

2. Материал и заготовки для корпусных деталей

В машиностроении для получения заготовок широко используют серый чугун, модифицированный и ковкий чугуны, углеродистые стали; в турбостроении и атомной технике — нержавеющие и жаропрочные стали и сплавы; в авиастроении — силумины и магниевые сплавы; в приборостроении — пластмассы.

Чугунные и стальные заготовки отливают в земляные и стержневые формы. Для сложных корпусов с высокими требованиями по точности и шероховатости (корпуса центробежных насосов) рекомендуется литье в оболочковые формы и по выплавляемым моделям.

Заготовки из алюминиевых сплавов получают отливкой в кокиль и под давлением. Замена литых заготовок сварными производится для снижения веса и экономии материала, при этом толщина стенок корпуса может быть уменьшена на 30...40 % по сравнению с литыми корпусами.

3. Основные схемы базирования

При обработке заготовок корпусных деталей используют следующие методы базирования:

- обработка от плоскости, т. е. вначале окончательно обрабатывают установочную плоскость, затем принимают ее за установочную базу и относительно нее обрабатывают точные отверстия;
- обработка от отверстия, т. е. вначале окончательно обрабатывают отверстие и затем от него обрабатывают плоскость.

Чаще применяется обработка от плоскости (базирование более простое и удобное), однако более точной является обработка от отверстия, особенно при наличии в корпусах точных отверстий больших размеров и при высокой точности расстояния от плоскости до основного отверстия (например, корпуса задних бабок токарных и шлифовальных станков).

4. Обработка станин металлорежущих станков

Продолжительность сохранения точности станков зависит от стабильности размеров станины, которые изменяются с течением времени. Поэтому очень важно после обработки получить станины с выровненными внутренними напряжениями, релаксация которых не приводила бы в последующем к их деформациям.

Главные технические требования к станинам – это достижение прямолинейности и параллельности направляющих в пределах 0,02 мм на 1000 мм длины и отсутствие изогнутости (спиральности) направляющих в пределах 0,05 мм на 1000 мм длины. Шероховатость поверхностей скольжения после отделочной обработки должна быть в пределах $R_a = 1,25-0,5$ мкм. Большинство станин отливаются из чугуна СЧ21, твердость обработанных поверхностей HB180 ÷ 220.

Последовательность обработки

1) Обрабатывают начерно и начисто основание станины, которое в дальнейшем служит технологической базой. Для черновой обработки основания применяют продольно-строгальные, продольно-фрезерные и обдирочно-шлифовальные станки.

2) Обрабатывают направляющие начерно резцами на продольно-строгальных станках, торцевыми фрезами и наборами фрез на продольно-фрезерных станках.

Припуск на чистовую обработку 2,5 ÷ 3 мм. Заготовка устанавливается в приспособление на обработанное основание.

3) Обрабатывают начерно поверхности, расположенные перпендикулярно направляющим, на продольно-фрезерных станках, если станина по длине проходит между колоннами станка; на горизонтально-расточных станках фрезой или на торцефрезерных станках, если станина длинная.

4) Обрабатывают отверстия начерно на горизонтально-расточных станках в приспособлении. Припуск на чистовую обработку 2-2,5 мм на сторону.

5) После черновой обработки проводится старение заготовок. Старение используется для выравнивания внутренних напряжений в металле (чтобы избежать коробления деталей при эксплуатации).

Применяют естественное (6 и более месяцев на открытом дворе) и искусственное старение. При искусственном старении применяют нагрев в специальных печах, вибрации и статическое нагружение.

6) Выполняют чистовую обработку основания, если это требуется по технологическим соображениям или когда станина при сборке ставится на другую сопрягаемую деталь. Если деталь основанием ставится на фундамент, то в чистовой обработке нет необходимости. Чистовую обработку лучше выполнять на продольно-фрезерных станках.

7) Обрабатывают начисто направляющие и другие параллельные поверхности, которые можно обработать при этой же установке на строгальных или продольно-фрезерных станках. Стругание производится по габаритам или по шаблонам; фрезерование торцевыми фрезами или наборами фрез. Припуски под отделочную обработку – 0,2 ÷ 0,3 мм.

8) Обрабатывают поверхности в плоскостях, перпендикулярных направляющим, фрезами на горизонтально-расточных, строгальных одноколонных и продольно-фрезерных станках.

9) Сверлят крепежные и смазочные отверстия по накладным кондукторам или в поворотных кондукторах на радиально-сверлильных станках. Поскольку эта операция связана со снятием металла и изготовлением отверстий, то в станине снова происходит перераспределение внутренних напряжений. Поэтому эту операцию необходимо выполнять до отделочной обработки. В качестве ТБ выбирают такую обработанную поверхность, при установке на которую можно было бы получить наиболее простую конструкцию приспособления. Это одна из трудоемких операций. При обработке некоторых станин применяется до 150-200 наименований различных режущих, мерительных и вспомогательных инструментов.

10) Обрабатывают большие отверстия под опоры валов диаметром свыше 30-40 мм начисто и отделывают на горизонтально-расточных, специализированных и агрегатных станках.

11) При отделке направляющих требуется получить прямолинейность плоских поверхностей в заданных пределах, правильность углового расположения этих поверхностей, параллельность их между собой и необходимую шероховатость. Существует шесть способов отделки: шабрение, шлифование, отделочное строгание, отделочное фрезерование, притирка, вибронакатывание.

Процесс шабрения весьма трудоемок. Его применяют, если из-за конструкции станины нельзя применить другие более производительные методы обработки или тогда, когда нужна особо точная поверхность скольжения, например в станинах прецизионных станков.

Наиболее производительный и чаще всего применяемый способ отделки направляющих – это шлифование.

Вполне удовлетворительные результаты при обработке длинных тяжелых станин дает отделочное строгание широкими притертыми резцами.

Отделочное фрезерование однозубой фрезой применяется в режимах, аналогичных применяемым при тонком точении. Этот вид фрезерования пока широко не распространен.

Для направляющих станин прецизионных станков в ряде случаев применяют притирку после шлифования. Однако наиболее точные поверхности можно получить только шабрением «на блеск» (при натирании обрабатываемой поверхности контрольной плитой без краски).

12) К опорам под шпиндель в станинах станков предъявляют высокие требования: непараллельность оси направляющей должна быть равна 0,02 мм на длине 300 мм, цилиндричность отверстия – в пределах 0,005 мм, соосность отверстий – в пределах 0,005 мм, шероховатость поверхности не ниже 0,32-1,25 мкм. Обработку ведут с помощью расточного приспособления, перемещающегося по обработанным поверхностям направляющих.

В крупносерийном производстве станины обрабатывают на специальных высокопроизводительных станках.

5. Обработка блоков цилиндров автотракторных двигателей в массовом производстве.

ТП обработки блоков двигателей состоит из 60-80 операций. Поэтому рассмотрим только самые важные операции и их комплексы:

1) Для правильной установки блоков на последующих операциях на первой операции необходимо обработать установочные площадки (дополнительны базы на боковой поверхности блока). Операция выполняется на вертикально-фрезерных станках.

2) Предварительно обрабатывают поверхности стыков блока с поддоном и крышкой блока. Операции можно выполнять на карусельно-фрезерных или на продольно-фрезерных станках.

3) Для получения хорошей базы выполняют чистовую обработку нижней плоскости на вертикально-фрезерном или на продольно-фрезерных станках.

4) Для устранения смещения блока в приспособлениях и для правильного ориентирования его относительно приспособления на базисной поверхности блока просверливают два технологических отверстия (дополнительная база).

5) Поверхности, перпендикулярные базисной, фрезеруют на продольно-фрезерном или на барабанно-фрезерном станках.

6) Второстепенные поверхности фрезеруют на горизонтальных, вертикальных и специальных фрезерных станках.

7) Обрабатывают начерно места под коренные подшипники на горизонтально-фрезерном или специальном протяжном станках.

8) Растачивают начерно и начисто цилиндры на специальных многошпиндельных станках.

9) Для тракторных блоков предварительно растачивают гнезда под вставные втулки на двухшпиндельном расточном станке (два отверстия одновременно).

10) Для сверления, зенкерования, развертывания отверстий и нарезания в них резьбы применяют различные специальные и агрегатные станки.

11) После выполнения всех операций по обработке мелких отверстий выполняют последовательно чистовое и тонкое растачивание цилиндров на специальных многошпиндельных станках.

Предварительную и окончательную отделочную обработку производят на вертикальных многошпиндельных хонинговальных станках.

12) Для тракторных блоков окончательно обрабатывают гнезда под вставные втулки (гильзы).

13) Обрабатывают начисто гнезда под коренные подшипники на горизонтально-фрезерном или специальном протяжном станке.

14) Для закрепления крышек подшипников коленчатого вала на корпусе блока сверлят отверстия под шпильки, эти отверстия зенкеруют и в них нарезают резьбу на специальных агрегатных станках.

15) Блоки подают на слесарную операцию. Здесь завинчивают шпильки, накладывают крышки подшипников, которые затягивают корончатыми гайками, закрепляемыми на шпильках шплинтами.

16) После установки и закрепления крышек под коренные подшипники одновременно растачивают гнезда под подшипники коленчатого вала. В качестве окончательной обработки применяют тонкое растачивание. Для автомобильных блоков применяют хонингование поверхностей под вкладыши коренных подшипников.

17) На завершающих операциях развертывают отверстия под втулки клапанов и толкателей, запрессовывают и развертывают направляющие втулки клапанов, запрессовывают седла выпускных клапанов, шлифуют фаски для выпускных и впускных клапанов и т.п.

18)

6. Пример типового маршрута изготовления кронштейна.

Кронштейн (рис.1) изготавливается литьем в разовые формы с машинной формовкой по деревянным моделям. Материал — серый чугун.

05. Вертикально-фрезерная. Вертикально-фрезерный станок 6М12П. Приспособление специальное. Фрезеровать плоскость 1 под шлифование (рис. 2).

10. Радиально-сверлильная. Радиально-сверлильный станок 2Н53, приспособление — кондуктор (рис. 3).

1. Сверлить четыре отверстия 1 и 2.

2. Зенкеровать четыре отверстия 2 и два отверстия 3.

3. Развернуть два отверстия 3.

15. Токарная. Токарный станок 16К.20. Приспособление — типа «уголь-ник» (рис. 4). Расточить отверстие 1, фаску 2, подрезать торец 3 под тонкое растачивание и обтачивание (обработка противоположного торца не показана).

25. Радиально-сверлильная. Станок радиально-сверлильный 2Н53. Приспособление — кондуктор (рис. 5). Сверлить, зенкеровать, нарезать резьбу в четырех отверстиях 7 (обработка отверстий на противоположном торце не показана).

35. Плоскошлифовальная. Станок плоскошлифовальный 3Б722. Приспособление специальное (рис. 6). Шлифовать плоскость основания начисто.

40. Алмазно-расточная. Станок для тонкой расточки. Приспособление специальное установочное (рис. 7). Расточить отверстие 1 и подрезать торец 2 начисто.

45. Алмазно-расточная. Станок для алмазной расточки. Приспособление специальное установочное (рис. 8). Подрезать торец 1.

Примеры маршрутов изготовления корпусных деталей с отверстиями, оси которых параллельны и скрещиваются, рассмотрены выше.

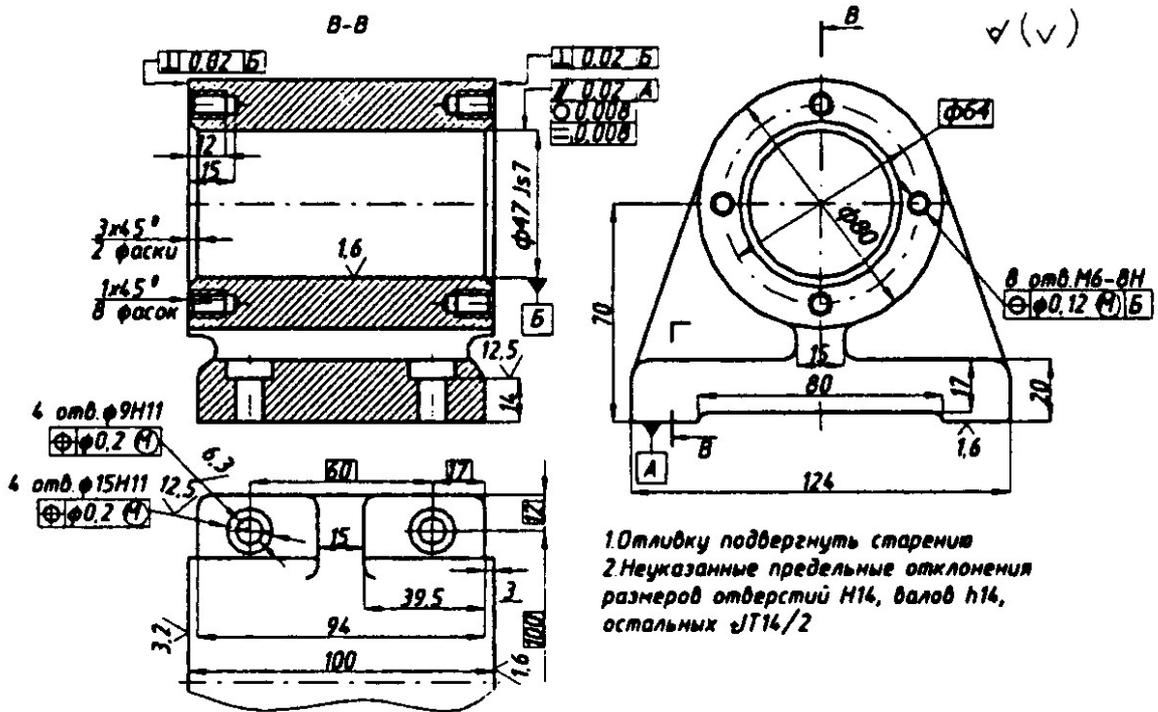


Рис. 1. Кронштейн.

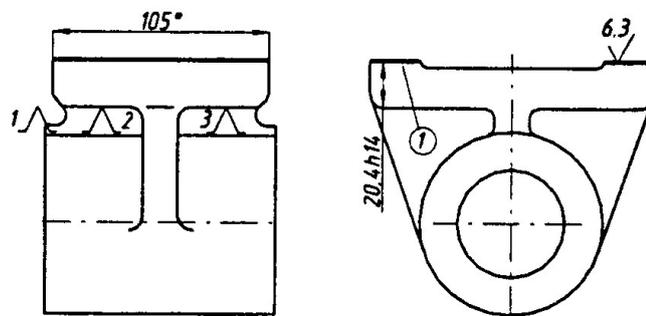


Рис. 2. Операционный эскиз операции 05.

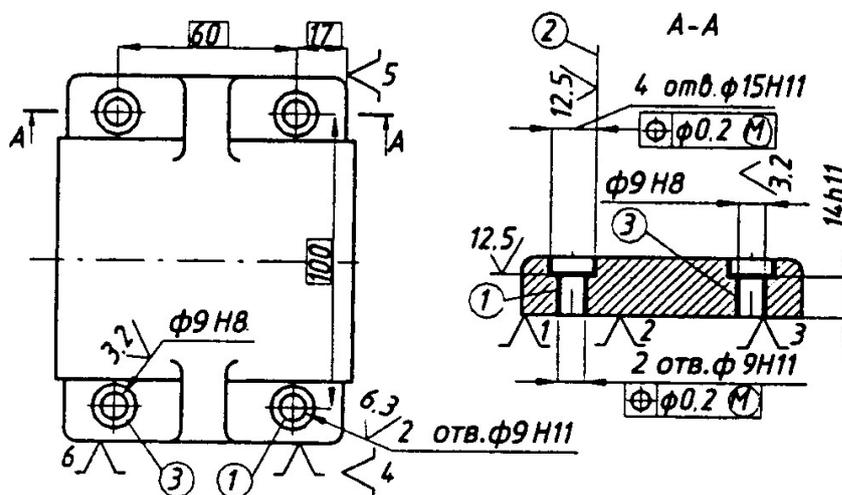


Рис. 3. Операционный эскиз операции 10.

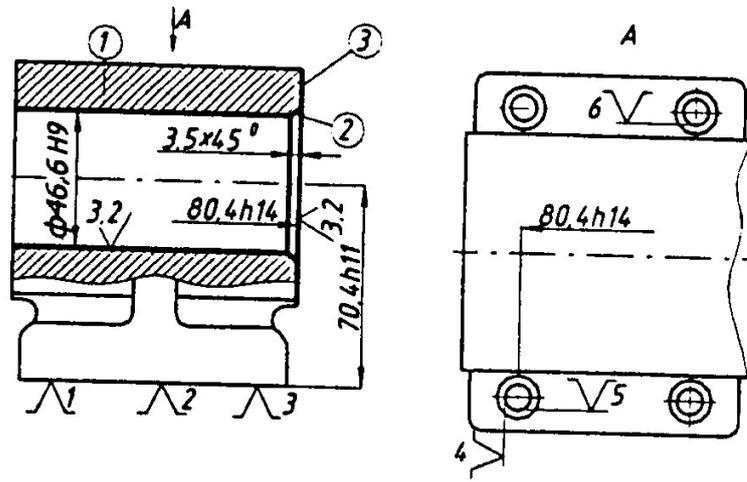


Рис. 4. Операционный эскиз операции 15.

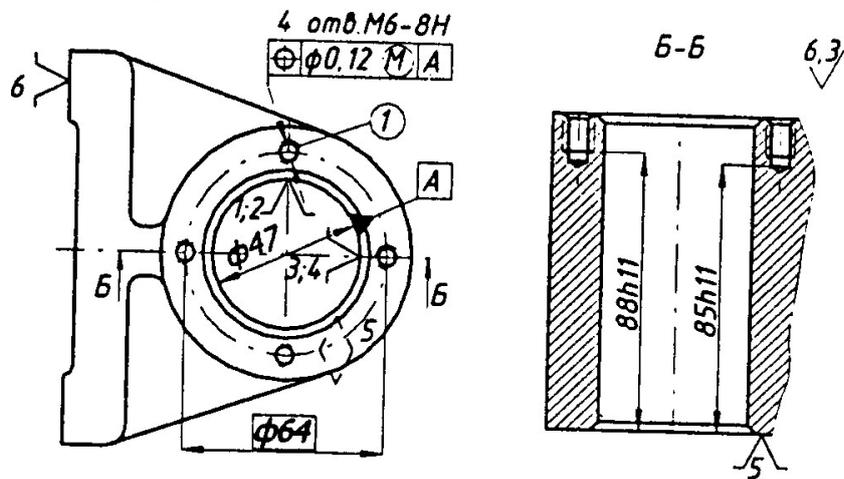


Рис. 5. Операционный эскиз операции 25.

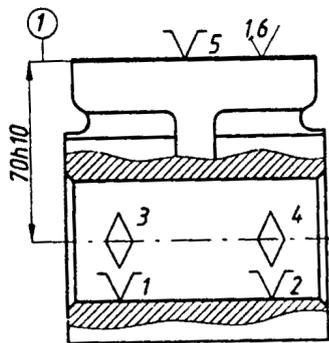


Рис. 6. Операционный эскиз операции 35.

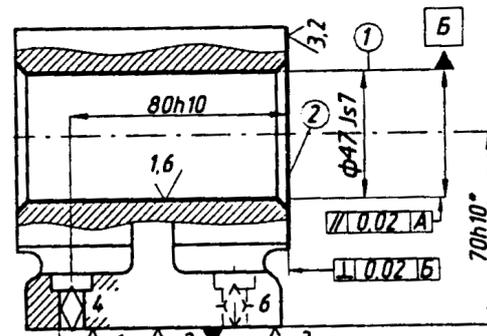


Рис. 7. Операционный эскиз операции 40.

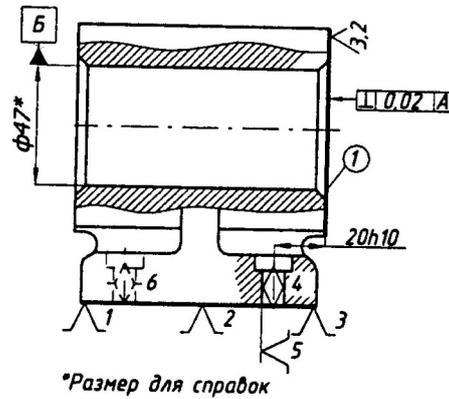


Рис. 8. Операционный эскиз операции 45.

Тема 2. Процессы обработки деталей «круглые стержни»

Общие сведения. К этому классу относятся валы и оси (гладкие, ступенчатые и пустотелые), валы с фасонными частями (кулачками, шлицами, зубчатыми венцами, фланцами), штоки, круглые тяги, обработанные трубы и т.п.

Основные технологические задачи.

- 1) Получить наружную поверхность вращения с требуемой степенью точности.
- 2) Получить глубокие центральные отверстия, концентричные наружной поверхности в пустотелых валах.
- 3) Выполнить шпоночные канавки и шлицы, параллельные оси вала.
- 4) Получить резьбы соосные с наружными поверхностями или внутренними точными цилиндрическими отверстиями.

Материалы для валов. В среднем и тяжелом машиностроении для валов применяют стали следующих марок 25, 30, 35, 40, 45, 45Т2, 40Х, 35ХС, 40ХС, 35СГ, 30ХНЗ и др. Чаще всего применяют стали 45 и 40Х.

Для крупных валов и шпинделей применяют литые заготовки из высокопрочного чугуна марки ВЧ45.

Заготовки для валов изготавливают различными способами.

В большинстве случаев для валов, диаметры ступеней которых отличаются мало, заготовки отрезают из прокатного материала. Для валов, диаметры ступеней которых отличаются больше, чем на 10 мм, заготовки отрезают из проката и затем куят под молотами либо штампуют в подкладных или закрытых штампах. Иногда заготовки обжимают на ротационно-ковочных машинах, а потом обрабатывают на станках. В ряде случаев (для длинных гладких валов) целесообразно применять заготовки из холоднокатанной стали, хотя она стоит на 50% дороже горячекатанной.

Припуски на чистовую токарную обработку оставляют величиной 1-1,5-2 мм, на шлифовку 0,2-0,4-0,6 мм на сторону (большие цифры для больших валов). На ротационно-ковочных машинах можно получить припуски до 0,5-0,4 мм на диаметр уступа; заготовки после центрования, минуя токарную обработку, можно сразу шлифовать.

Технологические базы. В качестве черновых баз принимают необработанные наружные поверхности. Чистовые базы – преимущественно дополнительные центровые отверстия, центровые фаски для пустотелых валов

При фрезерных, шпоночно-фрезерных, сверлильных операциях, при установке вала на призмах как базовые поверхности используют опорные шейки валов под подшипники или шейки под насаживаемые на вал зубчатые колеса, муфты, шкивы...

Основные операции при обработке гладких и ступенчатых валов – это центрование, обточка на токарных станках, шлифование посадочных поверхностей, доводка (притирка), суперфиниш точных шеек под подшипники, фрезерование шлицов и шпоночных пазов. Для пустотелых валов – растачивание центрального отверстия и внутреннее шлифование посадочных поверхностей.

Второстепенные операции: сверление смазочных отверстий, фрезерование лысок, скосов, снятие фасок, прорезание канавок и т.п.

1. Обработка гладких и ступенчатых валов

В общем случае обработку валов можно разделить на черновую, чистовую и отделочную. Валы можно обрабатывать по принципу дифференциации и по принципу концентрации операций. Гладкие длинные валы обрабатывают по принципу дифференциации. Единичные экземпляры обрабатывают последовательно по всем операциям; партии валов – последовательно по всем операциям, но при обработке на каждой операции всей партии деталей.

Если изготавливают длинные гладкие валы длиной $l > 10d$, применяют следующий маршрут обработки.

№ операции	Операция
1)	Правка прутка на правильно-калибровочных станках.
2)	Разрезание прутка на заготовки заданной длины.
3)	Сверление центровых отверстий на токарном станке с люнетом (при $l > 1,5 m$).
4)	Черновая токарная обработка.
5)	Чистовая токарная обработка.
6)	Фрезерование шпоночных канавок.
7)	Шлифование на бесцентровом или круглошлифовальном станке.

При токарной обработке (операции 4 и 5) применяют следующие приемы. Протачивают шейку под неподвижный люнет, устанавливают люнет, обтачивают часть вала начерно. Затем вал переворачивают и обтачивают вторую часть вала начерно и начисто. Вал снова переставляют на центрах и обтачивают первую половину начисто. Небольшие ступеньки между шейкой под люнет и концами вала снимают при шлифовании. Легкие, тонкие валы следует обтачивать с подвижным люнетом, закрепленным на суппорте станка.

Рассмотрим теперь маршрут обработки ступенчатых валов:

- 1) Правка прутка.
- 2) Разрезание прутка по длине.
- 3) Фрезерование торцов.
- 4) Центрование торцов.
- 5) Обточка конца на токарном станке для захвата патроном.
- 6) Черновая обработка на многорезцовом станке одного конца вала.
- 7) То же, другого конца.
- 8) Чистовая обработка на многорезцовом станке одного конца вала.
- 9) То же, другого конца.
- 10) Фрезерование шпоночных канавок.
- 11) Сверление отверстий, нарезание резьбы.
- 12) Шлифование шеек.

Вместо многорезцовой токарной обработки можно предложить обработку на гидрокопировальных станках типа 1722.

В серийном производстве для обработки ступенчатых валов создаются технологические участки с переменнo-поточными линиями.

Мелкие серии ступенчатых валов успешно обрабатываются на токарных станках с ЧПУ с адаптивной самонастраивающейся системой регулирования.

В крупносерийном производстве применяют переналаживаемые поточные и автоматизированные линии, составленные из станков общего назначения. На заводах с массовым производством создаются автоматические поточные линии, составленные из специальных станков для обработки валов.

2. Обработка шпинделей

Наиболее сложными и точными ступенчатыми деталями класса «круглые стержни» являются шпиндели металлорежущих станков, в особенности пустотелые с точными внутренними поверхностями.

Последовательность обработки шпинделей и применяемое оборудование следующее:

- 1) Подрезают торцы заготовок и делают центровые отверстия.
- 2) Наружные поверхности обрабатывают начерно на токарных универсальном, многорезцовом, гидрокопировальном станках или станках с ЧПУ. Припуск на последующую обработку составляет 2-2,5 мм на сторону.

3) Осевое отверстие обрабатывают начерно на станках для глубокого сверления.

Если разница в диаметрах ступеней небольшая и нет буртиков большого диаметра, можно изготавливать шпиндель из толстостенной трубы. При этом значительно уменьшается трудоемкость обработки и повышается коэффициент использования металла.

4) После черновой обработки на обработанных поверхностях образуется упрочненный слой (наклеп), вызывающий большие внутренние напряжения в металле. Поэтому производят отжиг деталей.

5) После ТО заготовка может несколько деформироваться. Места, требующие правки, определяют с помощью индикаторов при вращении заготовки в приспособлении. Правку делают на гидропрессе.

6) Чистовую обработку осевого отверстия выполняют на токарном станке с люнетом для снятия окалины и для получения центровых фасок, которые будут служить базой при дальнейшей обработке.

7) Обтачивают начисто наружные поверхности на токарных, многолезцовых токарных или гидрокопировальных станках, при установке заготовки на центровых фасках. Припуск на последующую обработку составляет 0,3-0,4 мм на сторону.

8) Обрабатывают начисто посадочные цилиндрические или конические отверстия на токарных станках с люнетом при наличии таких отверстий на концах шпинделя.

9) Чтобы получить твердый износостойчивый поверхностный слой на поверхностях скольжения деталей из малоуглеродистых сталей их цементируют.

Для деталей из закаливаемых сталей (45, 40X) шейки шпинделя нагревают ТВЧ и закаливают при охлаждении жидкостью.

10) После цементации до закалки снимают с мест, не подлежащих закалке, припуск 3-4 мм на токарном станке.

11) Пока зацементированные поверхности не закалены, необходимо сделать шпоночные канавки на шпоночно-фрезерных или вертикально-фрезерных станках.

12) Во фланце шпинделя обрабатывают отверстия, устанавливая его на призму на шейке. Накладной кондуктор устанавливают по фланцу.

Закалку шеек и конусной части предпочтительно делать при нагреве ТВЧ. Нагревают их при медленном вращении.

Тема №3: Технология изготовления валов.

1. Технологические задачи

Точность размеров. Точными поверхностями валов являются, как правило, его опорные шейки, поверхности под детали, передающие крутящий момент. Обычно они выполняются по 6...7-му квалитетам.

Точность формы. Наиболее точно регламентируется форма в продольном и поперечном сечениях у опорных шеек под подшипники качения. Отклонения от круглости и профиля в продольном сечении не должны превышать 0,25...0,5 допусков на диаметр в зависимости от типа и класса точности подшипника.

Точность взаимного расположения поверхностей. Для большинства валов главным является обеспечение соосности рабочих поверхностей, а также перпендикулярности рабочих торцов базовым поверхностям. Как правило, эти величины выбираются по V...VII степеням точности.

Качество поверхностного слоя. Шероховатость базовых поверхностей обычно составляет $Ra=3,2...0,4$ мкм, рабочих торцов $Ra=3,2...1,6$ мкм, остальных несответственных поверхностей $Ra=12,5...6,3$ мкм. Валы могут быть сырыми и термообработанными. Твердость поверхностных слоев, способ термообработки могут быть весьма разнообразными в зависимости от конструктивного назначения валов. Если значение твердости не превышает HB 200...230, то заготовки подвергают нормализации, отжигу или термически не обрабатывают. Для увеличения износостойкости валов повышают твердость их рабочих поверхностей. Часто это достигается поверхностной закалкой токами высокой частоты, обеспечивающей твердость $HRC_{\text{э}} 48...55$. Поверхности валов из низкоуглеродистых марок стали подвергают цементации на глубину 0,7... 1,5 мм с последующей закалкой и отпуском. Таким способом можно достичь твердости $HRC_{\text{э}} 55...60$.

Наличие остаточных напряжений в поверхностных слоях и их знак регламентируются редко и в основном для очень ответственных валов.

2. Материалы и заготовки валов

Валы в основном изготавливают из конструкционных и легированных сталей, к которым предъявляются требования высокой прочности, хорошей обрабатываемости, малой чувствительности к концентрации напряжений, а также повышенной износостойкости. Этим требованиям, в определенной степени, отвечают стали марок 35, 40, 45, 40Г, 40ХН и др. Достаточно редко валы отливают из чугуна.

Производительность механической обработки валов во многом зависит от вида заготовки, ее материалов, размера и конфигурации, а также от характера производства. Заготовки получают отрезкой от горячекатаных или холоднотянутых нормальных прутков и непосредственно подвергаются механической обработке.

На машиностроительные заводы прокат поступает с заметными отклонениями от прямолинейности оси. Для устранения кривизны прутки перед резкой подвергают правке. Для этой цели служат правильно-калибровочные станки. Нарезанные заготовки перед началом обработки, а иногда и в процессе дальнейшей обработки также приходится подвергать правке. Такую правку обычно проводят на прессах.

Заготовки такого вида применяют в основном в мелкосерийном и единичном производстве, а также при изготовлении валов с небольшим количеством ступеней и незначительными перепадами их диаметров.

В производстве с более значительным масштабом выпуска, а также при изготовлении валов более сложной конфигурации с большим количеством ступеней, значительно различающихся по диаметру, заготовки целесообразно получать методом пластической деформации. Эти методы (ковка, штамповка, периодический прокат, обжатие на ротационно-ковочных машинах, электровысадка) позволяют получать заготовки по форме и размерам наиболее близкие к готовой детали, что значительно повышает производительность механической обработки и снижает металлоемкость изделия.

Выбор наиболее рационального способа получения заготовки в каждом отдельном случае определяется комплексно с учетом технико-экономической целесообразности. С увеличением масштабов выпуска особое значение приобретают эффективность использования металлов и сокращение трудоемкости механической обработки. Поэтому в крупносерийном и массовом производстве преобладают методы получения заготовок с коэффициентом использования металлов от 0,7 и выше (отношение массы детали к норме расхода металла), достигающего в отдельных случаях до 0,95.

Полые валы целесообразно изготавливать из труб.

3. Основные схемы базирования

Основными базами подавляющего большинства валов являются поверхности его опорных шеек. Однако использовать их в качестве технологических баз для обработки наружных поверхностей, как правило, затруднительно, особенно при условии сохранения единства баз. Поэтому при большинстве операций за технологические базы принимают поверхности центровых отверстий с обоих торцов заготовки, что позволяет обрабатывать почти все наружные поверхности вала на постоянных базах с установкой его в центрах.

Для исключения погрешности базирования при выдерживании длин ступеней от торца вала необходимо в качестве технологической базы использовать торец заготовки. С этой целью заготовку устанавливают на плавающий передний центр.

Использование центров в качестве установочных элементов предусматривает применение того или иного поводкового устройства, передающего крутящий момент заготовке. Такими устройствами являются поводковые патроны, хомутики и т. п.

4. Типовые маршруты изготовления валов

Рассмотрим основные операции механической обработки для изготовления вала с типовыми конструктивными элементами и требованиями к ним.

005 Заготовительная.

Для заготовок из проката: рубка прутка на прессе или обрезка прутка на фрезерно-отрезном или другом станке. Для заготовок, получаемых методом пластического деформирования, — штамповать или ковать заготовку.

010 Правильная (применяется для проката).

Правка заготовки на прессе. В массовом производстве может производиться до отрезки заготовки. В этом случае правится весь пруток на правильно-калибровочном станке.

015 Термическая.

Улучшение, нормализация.

020 Подготовка технологических баз.

Обработка торцов и сверление центровых отверстий. В зависимости от типа производства операцию производят:

— в единичном производстве (подрезку торцов и центрование выполняют на универсальных токарных станках последовательно за два установа);

— в серийном производстве (подрезку торцов выполняют отдельно от центрования на продольно-фрезерных или горизонтально-фрезерных станках, а центрование — на одностороннем или двустороннем центровальном станке). Могут применяться фрезерно-центровальные полуавтоматы последовательного действия с установкой заготовки по наружному диаметру в призмы и базированием в осевом направлении по упору ;

— в массовом производстве (применяют фрезерно-центровальные станки барабанного типа, которые одновременно фрезеруют и центруют две заготовки без съема их со станка). Форму и размеры центровых отверстий назначают в соответствии с их технологическими функциями по стандарту.

Для нежестких валов (отношение длины к диаметру более 12) обработка шеек под люнеты.

025 Токарная (черновая).

Выполняется за два установка на одной операции или каждый установ выносится как отдельная операция. Производится точение наружных поверхностей (с припуском под чистовое точение и шлифование) и канавок. Это обеспечивает получение точности 1Т12, шероховатости Ra 6,3. В зависимости от типа производства операцию выполняют:

— в единичном производстве на токарно-винторезных станках;

— в мелкосерийном — на универсальных токарных станках с гидросуппортами и станках с ЧПУ;

— в серийном — на копировальных токарных станках, горизонтальных многорезцовых, вертикальных одношпиндельных полуавтоматах и станках с ЧПУ;

— в крупносерийном и массовом — на многошпиндельных многорезцовых полуавтоматах; мелкие валы могут обрабатываться на токарных автоматах.

030 Токарная (чистовая).

Аналогичная приведенной выше. Производится чистовое точение шеек (с припуском под шлифование). Обеспечивается точность 1Т11...10, шероховатость Ra 3,2.

035 Фрезерная.

Фрезерование шпоночных канавок, шлицев, зубьев, всевозможных лысок.

Шпоночные пазы в зависимости от конструкции обрабатываются либо дисковой фрезой (если паз сквозной) на горизонтально-фрезерных станках, либо пальцевой фрезой (если паз глухой) на вертикально-фрезерных станках. В серийном и массовом производствах для получения глухих шпоночных пазов применяют шпоночно-фрезерные полуавтоматы, работающие «маятниковым» методом.

Шлицевые поверхности на валах чаще всего получают методом обкатывания червячной фрезой на шлицефрезерных или зубофрезерных станках. При диаметре шейки вала более 80 мм шлицы фрезеруют за два рабочих хода.

040 Сверлильная.

Сверление всевозможных отверстий.

045 Резьбонарезная.

На закаливаемых шейках резьбу изготавливают до термообработки. Если вал не подвергается закалке, то резьбу нарезают после окончательного шлифования шеек (для предохранения резьбы от повреждений). Мелкие резьбы у термообрабатываемых валов получают сразу на резьбошлифовальных станках. Внутренние резьбы нарезают машинными метчиками на сверлильных, револьверных и резьбонарезных станках в зависимости от типа производств. Наружные резьбы нарезают в:

— единичном и мелкосерийном производствах на токарно-винторезных станках плашками, резьбовыми резцами или гребенками;

— мелкосерийном и серийном производствах резьбы не выше 7-й степени точности нарезают плашками, а резьбы 6-й степени точности —

резьбонарезными головками на револьверных и болторезных станках;

— крупносерийном и массовом производствах — гребенчатой фрезой на резьбо-фрезерных станках или накатыванием.

050 Термическая.

Закалка объемная или местная, согласно чертежу детали.

055 Исправление центров (центрошлифовальная).

Перед шлифованием шеек вала центровые отверстия, которые являются технологической базой, подвергаются исправлению путем шлифования конусным кругом на центрошлифовальном станке за два установа

060 Шлифовальная.

Шейки вала шлифуют на круглошлифовальных или бесцентро-шлифовальных станках. Шлицы шлифуются в зависимости от центрирования по:

— наружной поверхности — наружное шлифование на круглошлифовальных станках и шлифование боковых поверхностей на шли-цешлифовальном полуавтомате одновременно двумя кругами и делением;

— поверхности внутреннего диаметра — шлифование боковых поверхностей шлицев и шлифование внутренних поверхностей по диаметру либо профильным кругом одновременно, либо в две операции.

065 Моечная.

Промывка деталей на моечной машине.

070 Контрольная.

075 Нанесение антикоррозионного покрытия.

Пример типовых маршрутов изготовления ступенчатых шлицевых валов

Ниже приведено краткое описание операций и операционные эскизы для изготовления шлицевого вала (рис. 1).

00. Править прутки $\Phi 55 \times 5000$ (по мере необходимости) на правильно калибровочном станке типа ПК-90.

05. Отрезать заготовку $\Phi 55 \times 236$ на прессе типа К223.

10. Фрезерно-центровальная. Фрезеровать два торца 1 одновременно и центровать два отверстия 2 на двустороннем фрезерно-центровальном полуавтомате последовательного действия типа МР71 (рис. 2.).

15. Токарно-винторезная. Выполняется в два установа на станке 16К20. Точить поверхности 1 и 2 (с припуском под шлифование), точить фаски 3, проточить канавки 4 и 5 (рис. 3.). Вторым установом, размеры фасок и канавок на рисунке не показаны.

20. Шлицефрезерная. Фрезеровать восемь шлицев 1 (с припуском под шлифование) на горизонтальном шлицефрезерном полуавтомате 5350 (рис. 4.). Профиль и размеры канавок на рисунке не показаны.

25. Термическая, ТВЧ h0,8... 1,2, HRC_э50...55, согласно чертежу детали. Установка ТВЧ.

30. Центрошлифовальная. Шлифовать фаски двух центровых отверстий 1. Выполняется в два установа на центрошлифовальном станке типа МВ119 (рис. 5.).

35. Круглошлифовальная предварительная. Выполняется в два установа на станке ЗБ151. Шлифовать наружные поверхности 1 и 2 и торец 3 с припуском под чистовое шлифование.

40. Круглошлифовальная чистовая. Выполняется в два установа на станке ЗБ151. Шлифовать наружные поверхности 1 и 2 и торец 3 (рис.6.). Вторым установом на рисунке не показан.

45. Шлицешлифовальная. Шлифовать восемь шлицев 1 по внутреннему диаметру и боковым сторонам одновременно (рис. 7.).

50. Промывка детали.

55. Контроль. В качестве примера приводятся схемы измерения радиального биения базовых поверхностей и торцов относительно общей оси двух базовых поверхностей.

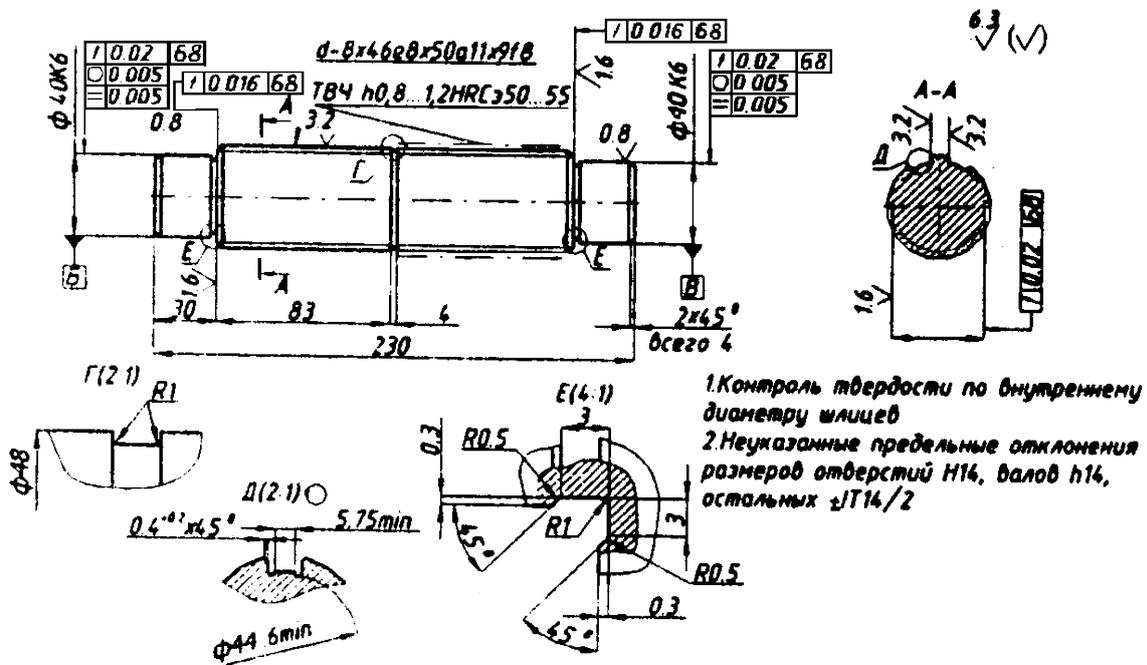


Рис. 1. Шлицевый вал двусторонней ступенчатости.

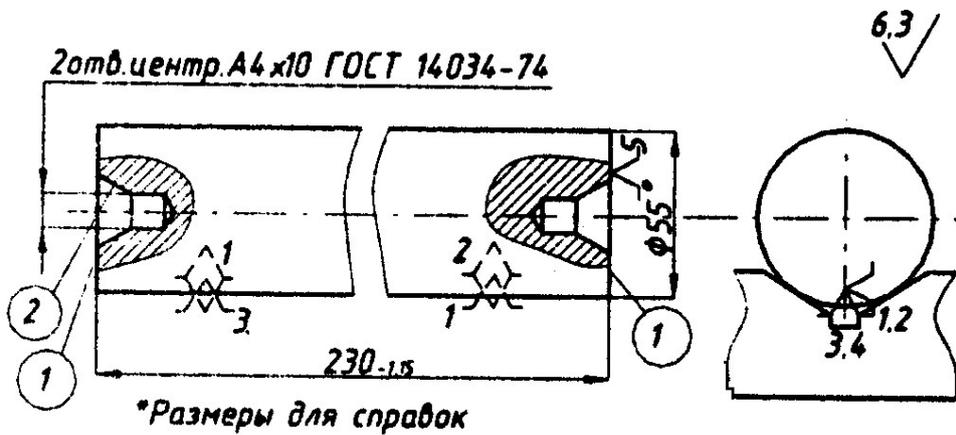


Рис. 2. Операционный эскиз операции 10.

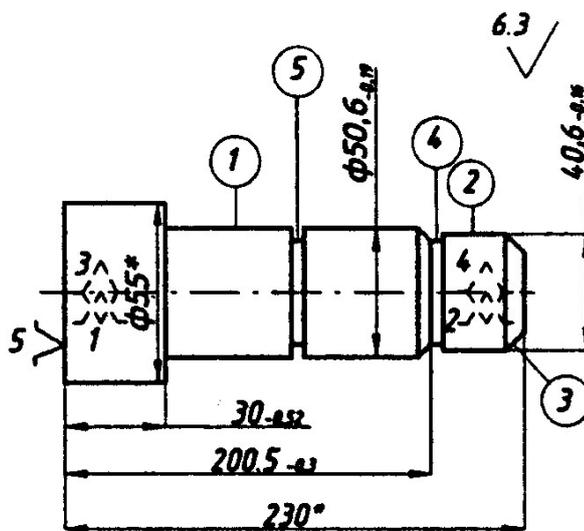


Рис. 3. Операционный эскиз операции 15.

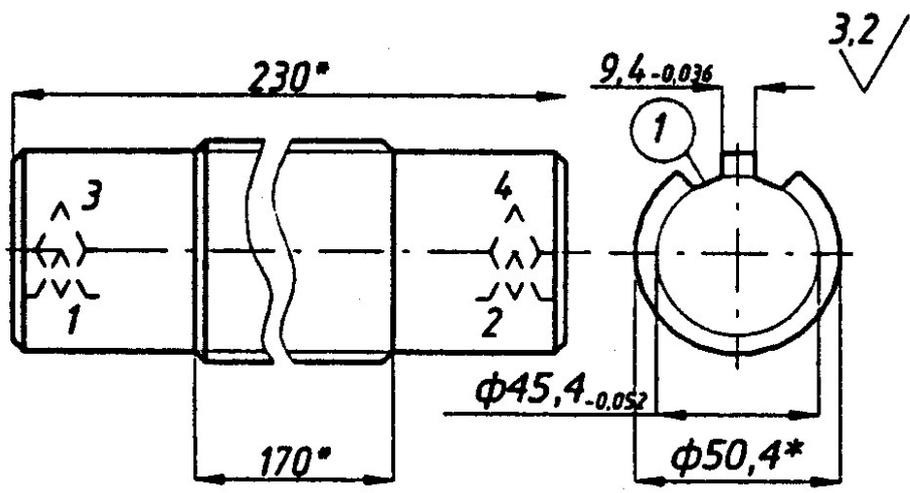


Рис. 4. Операционный эскиз операции 20.

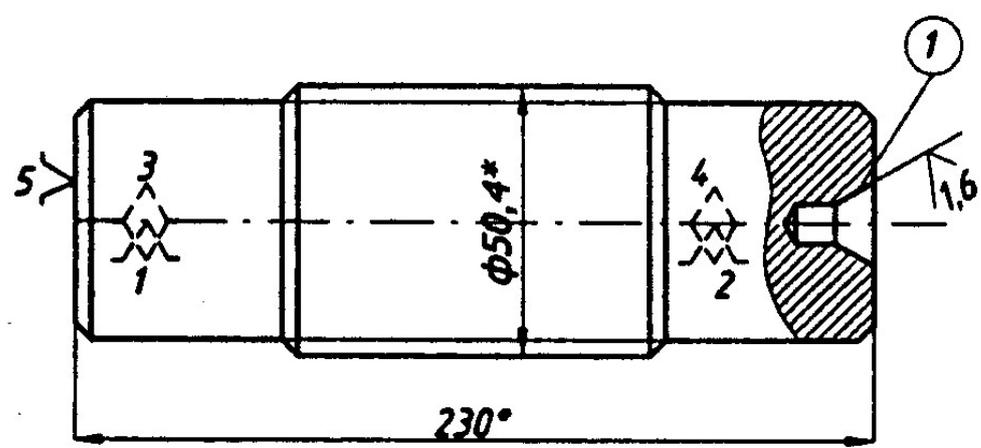


Рис. 5. Операционный эскиз операции 35.

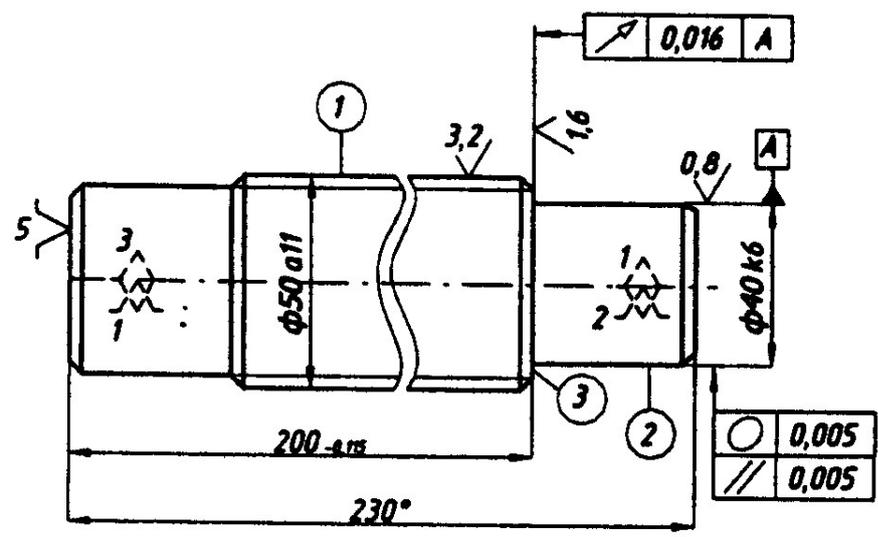
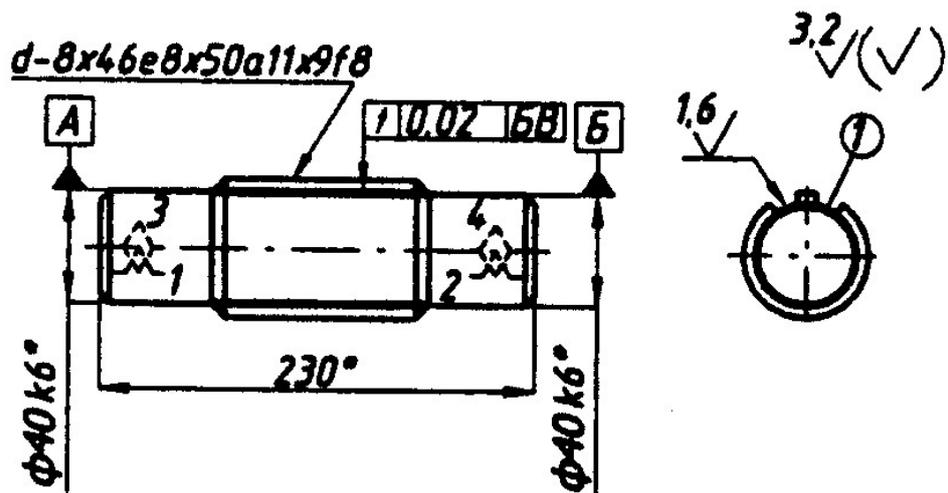


Рис. 6. Операционный эскиз операции 40



13) щени шпинделя.

14) После закалки возможны повторные деформации шпинделя. Перед отделочными операциями необходима еще одна проверка заготовки на центрах, правка и тщательная зачистка центровых фасок.

15) Нарезают резьбы на концах шпинделя на точных токарных станках; окончательный проход выполняют дисковым резьбовым резцом. На окончательную обработку резьбы переднего конца шпинделя оставляют припуск 0,1-0,2 мм на сторону.

16) Отделяют опорные шейки на универсальных или круглошлифовальных станках с последующей притиркой или суперфинишированием специальными головками.

17) Резьба на переднем конце шпинделя должна быть строго соосна с его осью. Поэтому окончательно снимают припуск, доводя средний диаметр резьбы до чертежного размера.

18) Отделочную обработку внутреннего конуса выполняют на внутришлифовальном станке, устанавливая шпиндель в специальном приспособлении по отделанным шейкам.

Шпиндели после обработки необходимо транспортировать и хранить на складе готовых изделий в специальной таре в вертикальном положении.

Тема №3: ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «НЕКРУГЛЫЕ СТЕРЖНИ»

Общие сведения. К деталям класса «некруглые стержни» относятся рычаги, вилки, шатуны, тяги, балансиры и т.п.

Технологические задачи, решаемые при обработке деталей этого класса следующие:

- 1) Достижение параллельности и перпендикулярности осей отверстий в заданных пределах;
- 2) Достижение перпендикулярности торцов к осям отверстий;
- 3) Получение точных отверстий и точных расстояний между ними.

Материалы применяемые для деталей этого класса: серый чугун СЧ18, СЧ24, для ненагруженных рычагов чугун КЧ12, КЧ37, КЧ35; стальное литье марки 35Л, прокат сталь 45 и другие машиностроительные стали.

Заготовки – преимущественно отливки и штамповки; для крупных деталей – поковки, для некоторых простых по конфигурации деталей – листовой прокат.

3.1. Технология изготовления рычагов

1. Характеристика рычагов

К деталям класса рычагов относятся собственно рычаги, тяги, серьги, вилки, балансиры, шатуны.

Рычаги являются звеньями системы машин, аппаратов, приборов, приспособлений. Совершая качательное или вращательное движение, рычаги передают необходимые силы и движения сопряженным деталям, заставляя их выполнять требуемые перемещения с надлежащей скоростью. В

других случаях рычаги, например, прихваты, остаются неподвижными и фиксируют относительное положение сопряженных деталей.

Детали класса рычагов имеют два отверстия или больше, оси которых расположены параллельно или под прямым углом. Тело рычагов представляет собой стержень, не обладающий достаточной жесткостью. В деталях этого класса кроме основных отверстий обрабатываются шпоночные или шлицевые пазы, крепежные отверстия и прорези в головках. Стержни рычагов часто не обрабатывают.

Технологические задачи

Точность размеров. Отверстия — основные и вспомогательные базы, поверхностями которых рычаги и вилки сопрягаются с валиками, проектируют у рычагов и шарнирных вилок по $H7...H9$, а у вилок переключения для уменьшения перекоса при осевом перемещении — по $H7...H8$. Точность расстояний между параллельными исполнительными поверхностями вилок переключения назначают по $IT10...IT12$. Расстояние между осями отверстий основных и вспомогательных баз рычагов должны соответствовать расчетным; допусковые отклонения в зависимости от требуемой точности колеблются от $\pm 0,025$ до $\pm 0,1$ мм.

Точность формы. В большинстве случаев особых требований к точности формы поверхностей не предъявляется, т. е. погрешность формы не должна превышать допуск на размер или, в зависимости от условий эксплуатации, погрешности формы не должны превышать от 40 до 60 % от поля допуска на соответствующий размер.

Точность взаимного расположения. Для хорошего прилегания поверхностей отверстий к сопряженным деталям оси поверхностей отверстий (вспомогательных баз рычагов) должны быть параллельны осям поверхностей отверстий основных баз с допускаемыми отклонениями $(0,05...0,3)/100$ мм.

У рычагов, имеющих плоские обработанные поверхности, в некоторых случаях (по служебному назначению), задается перпендикулярность осей отверстий относительно этих плоскостей с допускаемыми отклонениями $(0,1...0,3)/100$ мм.

Качество поверхностного слоя. Шероховатость поверхности отверстий у рычагов и вилок в зависимости от точности диаметров отверстий назначают $Ra = 0,8...3,2$ мкм, шероховатость исполнительных поверхностей у рычагов $Ra = 0,63...3,2$, у вилок переключения $0,8...3,2$ мкм. Для увеличения сроков службы твердость исполнительных поверхностей рычагов и вилок устанавливают $HRC_{\Sigma}40...60$.

2. Материалы и заготовки для рычагов

В качестве материалов для изготовления рычагов служат: серый чугун, ковкий чугун и конструкционные стали. Работающие при незначительных нагрузках рычаги изготавливают из пластмассы.

Выбор материала зависит от служебного назначения и экономичности изготовления детали. Рычаги сложной формы могут быть достаточно экономично изготовлены из заготовки-отливки. Для деталей, работающих в машинах под небольшими, неударными нагрузками, выбирают серый чугун. Для нежестких деталей, работающих с толчками и ударами, вязкий серый чугун является ненадежным материалом и заменяется ковким чугуном. При получении ковкого чугуна обязательным становится отжиг, после которого заготовки коробятся и должны дополнительно подвергаться правке.

Стальные заготовки рычагов получают ковкой, и литьем по выплавляемым моделям и резе сваркой.

Для уменьшения трудоемкой механической обработки, уменьшения расхода металла и улучшения внешнего вида по конструктивной форме стальных рычагов их заготовки вместоковки штамповки получают литьем по выплавляемым моделям.

3. Основные схемы базирования

При фрезеровании торцов втулок за технологическую базу принимают поверхности стержня рычага, или противоположные торцы втулок, при их шлифовании за технологическую базу принимают противоположные торцы втулок.

При обработке основных отверстий в качестве технологической базы выбирают обработанные торцы втулок и их наружные поверхности, что обеспечивает равенство втулок. Заключительные этапы обработки выполняют при использовании в качестве технологической базы одного или двух основных отверстий и торцов втулок.

При обработке на автоматических линиях для соблюдения принципа постоянства баз рычаги базируют и закрепляют за стержень в приспособлениях-спутниках.

4. Типовые маршруты изготовления рычагов

Основные операции механической обработки рычагов с общей плоскостью торцов втулок.

005 Заготовительная.

Чугунные заготовки получают литьем в песчаные формы или обо-лочковые. Отливки из ковкого чугуна следует подвергать отжигу и последующей правке для уменьшения остаточных деформаций. Стальные заготовки — ковкой, штамповкой, литьем по выплавляемым моделям, а в единичном производстве — сваркой.

010 Фрезерная.

Фрезеровать торцы втулок с одной стороны начерно или начисто и с припуском под шлифование (при необходимости). Технологическая база (установочная) — поверхность стержня или противоположные торцы втулок. Направляющую и опорную базы выбирают из условий удобства установки детали. Станок — вертикально-фрезерный или карусельно-фрезерный.

015 Фрезерная.

Аналогично предыдущей операции, но с другой стороны. Техно-логическая база — обработанные торцы втулок. В серийном и массовом производствах обработка торцов втулок может выполняться одновременно с двух сторон на горизонтально-фрезерном станке набором фрез. Технологическая база — поверхность стержня или поверхность втулок. Если заготовки проходят чеканку (т. е. торцы втулок обжаты прессом), то фрезерную обработку не производят.

020 Обработка основных отверстий.

Технологическая база — обработанные торцы втулок и их наружные поверхности, что обеспечивает равенство торцов втулок. В зависимости от типа производства операцию выполняют:

- в единичном и мелкосерийном производствах — на радиально- и вертикально-сверлильных станках или расточных станках по разметке со сменой инструмента;
- в мелкосерийном и серийном производствах — на сверлильных станках с ЧПУ, на радиально- и вертикально-сверлильных станках по кондуктору со сменой инструмента и быстросменных втулок в кондукторах;
- в крупносерийном и массовом производствах — на агрегатных многошпиндельных одно- и многопозиционных станках, вертикально-сверлильных станках с многошпиндельными головками и на протяжных станках.

Маршрут обработки основных отверстий имеет варианты:

- сверление, зенкерование, одно- или двукратное развертывание или двойное растачивание;
- сверление и протягивание для отверстий диаметром более 30 мм, получены в заготовке прошиванием или литьем, сверление заменяют предварительным зенкерованием.

Обеспечение параллельности осей и межосевого расстояния основных отверстий достигается следующим образом (в порядке убывания точности):

- одновременной обработкой несколькими инструментами на многошпиндельных станках;
- последовательной обработкой при неизменном закреплении заготовки;
- последовательной обработкой на разных станках, в разных приспособлениях.

030 Обработка шпоночных пазов или шлицевых поверхностей в основных отверстиях.

035 Обработка вспомогательных отверстий с нарезанием в них резьб (если нужно) пазов и уступов. Технологическая база — основные отверстия (одно или два) и их торцы.

040 Плоское шлифование торцов втулок.

Выполняется при повышенных требованиях к шероховатости и взаимному расположению торцов втулок на плоскошлифовальном станке с переустановкой. Технологическая база — торцы втулок.

050 Моечная.

055 Контрольная.

060 Нанесение покрытия.

5. Пример типового маршрута изготовления рычагов

Ниже приведено краткое описание операций и операционные и операционные эскизы для изготовления рычага из стали (Рис. 1.)

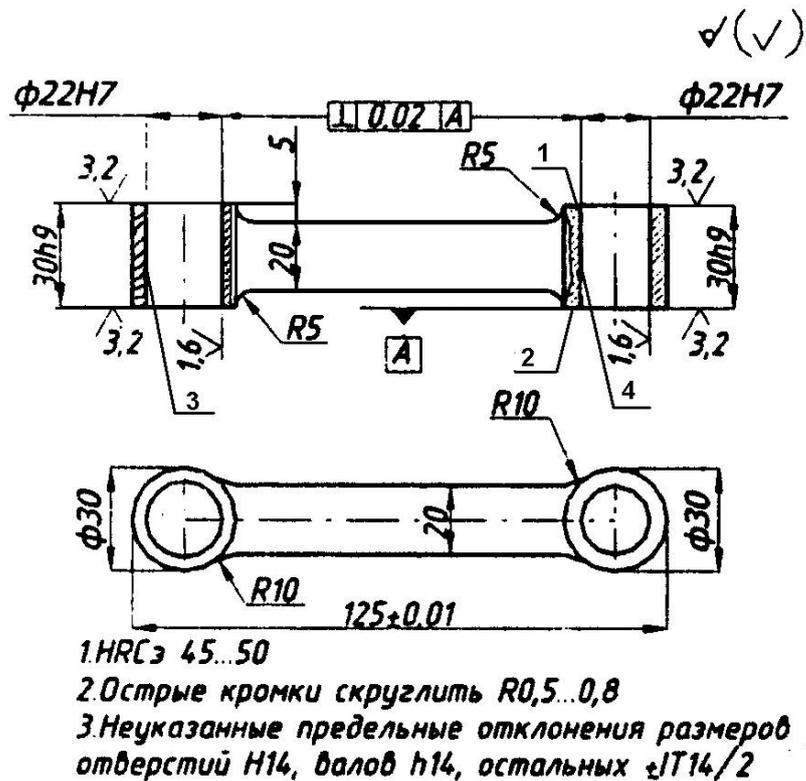


Рис. 1. Рычаг.

00. Заготовительная. Штамповка на кривошипном прессе.

05. Вертикально-фрезерная. Станок вертикально-фрезерный 6Н10. Фрезеровать поверхность 1 под чистовое фрезерование. Фрезеровать поверхность 1 начисто.

10. Вертикально-фрезерная. Станок вертикально-фрезерный 6Н10. Фрезеровать поверхность 2 под чистовое фрезерование. Фрезеровать поверхность 2 начисто.

15. Радиально-сверлильная. Станок радиально-сверлильный 2Н53. Сверлить отверстия 3 и 4 под развертывание. Развернуть отверстия 3 и 4 под чистовое развертывание. Развернуть отверстия 3 и 4 начисто.

3.2. Обработка шатунов двигателей внутреннего сгорания

Рассмотрим типовой ТП обработки шатунов в поточной линии. Заготовка – штамповка из стали 45. Точность отверстия под поршневой палец – 6-7 квалитет. Кроме того устанавливают допуск на вес большой головки (не более 0,5 % номинального веса) и жесткие допуски на размер отверстия большой головки (под толстостенные вкладыши – 9^{го} квалитета, под биметаллические тонкостенные – 6^{го} квалитета.)

1) Фрезерование торцов головок на специальном фрезерном станке. ТБ – наружные поверхности головок.

2) Шлифование торцов головок на плоскошлифовальном станке. ТБ – торцы попеременно.

3) Протягивание базовых площадок на большой и малой головках на специальном протяжном станке. ТБ – торцы.

4) Растачивание отверстия в малой головке на специальном сверлильном станке.

5) Фрезерование мест под болты и гайки на большой головке на горизонтально-фрезерном станке. ТБ – малое отверстие.

6) Разрезание большой головки (там же).

7) Протягивание плоскостей стыка шатуна и крышки на протяжном вертикальном станке. ТБ – торцы и боковые поверхности.

8) Шлифование плоскостей стыка шатуна и крышки на специальном плоскошлифовальном станке. ТБ – малое отверстие и торцы.

9) Сверление, растачивание и развертывание отверстий под болты в большой головке и крышке на специальном агрегатном станке.

- 10) Зенкерование фасок в отверстиях под болты в шатуне и крышке на вертикально-сверлильном станке. ТБ – стыковые поверхности.
- 11) Подрезание облицовочным зенкером мест под болты и гайки в шатуне и крышке. Там же.
- 12) Сборка шатуна и крышки.
- 13) Черновое растачивание отверстия в большой головке на специализированном сверлильном станке. ТБ – малое отверстие и торцы.
- 14) Зенкерование фасок в отверстиях большой головки на вертикально-сверлильном станке. ТБ – торцы.
- 15) Шлифование торцов большой головки на плоскошлифовальном станке. ТБ – торцы попеременно.
- 16) Чистовое растачивание отверстий в обеих головках на специальном расточном станке. ТБ – торцы.
- 17) Прессование втулки в малую головку.
- 18) Тонкое растачивание отверстий в обеих головках на алмазно-расточном станке. ТБ – торцы и вспомогательные базы.
- 19) Хонингование отверстия в большой головке.
- 20) Окончательный контроль.
- 21) Подгонка по весу большой головки на фрезерно-контрольном автомате.
- 22) Разборка шатуна и зачистка заусенцев.
- 23) Сборка шатуна с крышкой и вкладышем.

Потребность в большом количестве шатунов служит предпосылкой для автоматизации изготовления их. Для завода тракторных двигателей создан комплекс из четырех автоматических линий для обработки шатунов.

В автомобильной промышленности при изготовлении шатунов корпус и крышку шатуна часто штампуют отдельно. В этом случае поверхность под вкладыш и базовые плоскости на корпусе шатуна и крышке обрабатывают на протяжном станке.

Отверстия под стяжные болты обрабатывают обычно в корпусе шатуна и крышке параллельно, что обеспечивает комплектность этих деталей.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) ДГТУ в г. Азове

Кафедра «Технология машиностроения»

**КОМПЛЕКТ
ЛЕКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

по дисциплине

Технологическая оснастка

для направления

15.03.05 «Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств»

Азов
2016

4.1 Вступительная лекция. Содержание и задача курса.

Под **технологической оснасткой** (ГОСТ 3.1109—82) понимают средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование, для выполнения определенной части технологического процесса. Примерами технологической оснастки являются режущий инструмент, штампы, приспособления, мерительные инструменты пресс-формы, модели, литейные формы и т. д.

Приспособление - это составная часть технологической оснастки, которая может быть самостоятельным элементом в контрольно-измерительных и некоторых сборочных операциях.

Если приспособление входит в состав обрабатывающей технологической системы, его называют станочным приспособлением, если оно входит в состав сборочной технологической системы, то его принято называть сборочным приспособлением.

Приспособления предназначены, главным образом, для установки объекта, в качестве которого выступает заготовка, деталь или сборочная единица. Установка включает в себя базирование объекта и его закрепление. Поэтому основными частями приспособления являются корпус, базирующие (установочные) и зажимные элементы.

Дополнительно приспособления могут выполнять следующие функции:

- обеспечивать направление режущего инструмента;
- служить базой для установки контрольно-измерительных приборов;
- осуществлять механический или автоматический зажим объекта в приспособлении;
- увеличивать жесткость при установке базируемого объекта;
- изменять положение детали вместе с приспособлением.

Использование приспособлений способствует повышению точности и производительности обработки, контролю деталей и сборки изделий, обеспечивает механизацию и автоматизацию технологических процессов, снижение квалификации работ, расширение технологических возможностей оборудования и повышение безопасности работ. Современное механосборочное производство располагает большим парком приспособлений, значительную часть которых составляют станочные приспособления.

Станочные приспособления применяют для установки заготовок и инструмента на металлорежущие станки. Приспособления, связывающие со станком обрабатываемую заготовку, относят к приспособлениям для изготовления детали, а приспособления, связывающие со станком режущий инструмент, — к приспособлениям для инструмента.

Приспособления являются наиболее сложной и трудоемкой в изготовлении частью технологической оснастки.

В повышении качества изготовления деталей машин, их сборки и контроля важное значение имеет совершенствование технологической оснастки: создание высокопроизводительных конструкций станочных приспособлений, сокращение сроков их проектирования и изготовления, повышение качества и надежности, снижение трудоемкости изготовления, сокращение количества и снижение необходимой квалификации рабочих, расширение технологических возможностей оборудования, облегчение условий работы, повышение безопасности работы и др.

Решение этих задач должно быть направлено на повышение производительности труда станочников, слесарей-сборщиков, наладчиков и контролеров. Применение приспособлений снижает трудоемкость T и себестоимость S изготовления сборки деталей (рис.4.1).

На рис. 4.1, а показана зависимость трудоемкости T от коэффициента оснащённости K , под которым понимается отношение числа приспособлений к Числу операций обработки данной детали, а на рис. 18.1, б - зависимость себестоимости обработки S от качества IT на изготовление. Кривые 1 характеризуют одноместные приспособления ручного типа, а 2 — механизированные и многоместные приспособления.

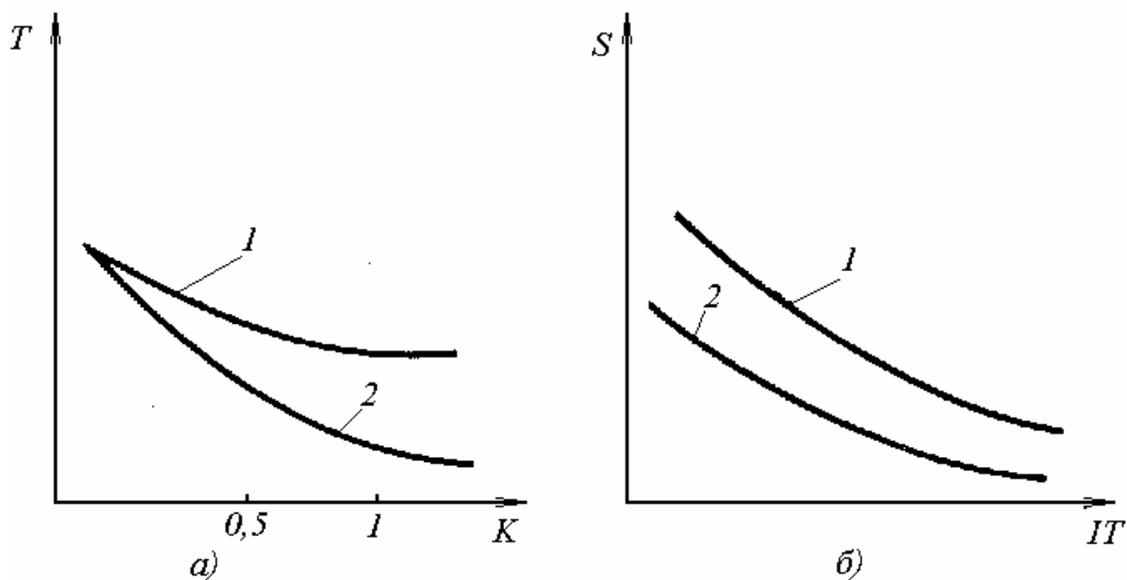


Рисунок 4.1 – Зависимость трудоемкости T от коэффициента оснащённости K (а) и себестоимости обработки S от точности изготовления IT (б)

Применение приспособлений расширяет технологические возможности металлорежущего оборудования. Так, универсальные станки, снабженные специальными приспособлениями, могут заменить специализированные станки, позволяют применить групповые методы обработки деталей, могут встраиваться в гибкие производственные системы (ГПС).

Важное значение приспособления приобретают в гибких производственных системах (ГПС). В ГПС серийного производства деталей широко применяют приспособления, быстро переналаживаемые вручную, поскольку переналадка производится не чаще одного раза в смену. В ГПС мелкосерийного и единичного производства, когда обрабатывают заготовки малыми партиями и даже поштучно, применять быстропереналаживаемые вручную приспособления невыгодно. Здесь целесообразна автоматическая переналадка приспособлений с помощью ЧПУ без участия оператора. Это предъявляет к станочному приспособлению дополнительные требования. Такие приспособления должны, прежде всего, отличаться повышенной надежностью, обеспечивать необходимое базирование заготовок и заданное положение системы координат станка, автоматический зажим-разжим заготовок по команде ЧПУ, надежный зажим заготовок в случае аварийного падения воздуха или масла в системе и обесточивания, возможность

обработки заготовки с четырех-пяти сторон с одной установки.

Применение быстродействующих и автоматизированных приспособлений совместно с транспортирующими устройствами является одним из эффективных направлений современного машиностроения в поточном, поточно-автоматизированном и автоматизированном производстве. Их использование особенно эффективно при разработке автоматических линий механической обработки и сборки, а также при создании гибких производственных модулей, участков и цехов, управляемых от ЭВМ.

Станочные приспособления классифицируют по различным признакам.

По целевому назначению приспособления делят на пять групп.

1. Станочные приспособления для установки и закрепления обрабатываемых заготовок (в зависимости от вида механической обработки подразделяют на приспособления для токарных, сверлильных, фрезерных, шлифовальных, многоцелевых и других станков). Эти приспособления осуществляют связь заготовки со станком.

2. Станочные приспособления для установки и закрепления рабочего инструмента (их называют также вспомогательным инструментом) осуществляют связь между инструментом и станком. К ним относятся патроны для сверл, разверток, метчиков; многошпиндельные сверлильные, фрезерные, револьверные головки; инструментальные державки, блоки и т. п.

С помощью приспособлений указанных выше групп осуществляют наладку системы станок - заготовка - инструмент.

3. Сборочные приспособления используемые для соединения сопрягаемых деталей изделия, применяют для, крепления базовых деталей, обеспечения правильной установки соединяемых элементов изделия, предварительной сборки упругих элементов (пружин, разрезных колец) и др.

4. Контрольные приспособления применяют для проверки отклонения размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, сопряжении сборочных единиц и изделий, а также для контроля конструктивных параметров, получающихся в процессе сборки.

5. Приспособления для захвата, перемещения и переворота тяжелых, а в автоматизированном производстве и ГПС и легких обрабатываемых заготовок и собираемых изделий. Приспособления являются рабочими органами промышленных роботов, встраиваемых в автоматизированных производствах и в ГПС.

К захватным приспособлениям предъявляют ряд требований: надежность захвата и удержание заготовки; стабильность базирования; универсальность; высокая гибкость (легкая и быстрая переналадка); малые габаритные размеры и масса. В большинстве случаев применяют механические захватные устройства. Широкое применение также находят захватные приспособления магнитные, вакуумные и с эластичными камерами.

Все описанные группы приспособлений в зависимости от типа производства могут быть ручными, механическими, полуавтоматическими и

автоматическими, а в зависимости от степени специализации - универсальными, специализированными и специальными.

В зависимости от степени унификации и стандартизации в машиностроении и приборостроении в соответствии с требованиями Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), утверждено семь стандартных систем станочных приспособлений.

Ниже приведены их краткие характеристики.

Универсально-безналадочные приспособления (УБП) предназначены для установки различных заготовок на постоянные, регулируемые, несъемные установочные элементы. К ним относятся: различные центры (жесткие, рифленые, вращающиеся), поводковые устройства, зажимы, патроны различных типов, оправки, магнитные и электромагнитные плиты. Конструкция этих приспособлений определяется ГОСТами.

Универсально-наладочные приспособления (УНП) состоят из универсального базового агрегата и сменных наладочных элементов. Базовыми агрегатами служат стандартизованные на различных уровнях (ГОСТ, стандарт отрасли, стандарт предприятия) машинные тиски, скальчатые кондукторы, самоцентрирующиеся патроны с различными приводами, планшайбы со сменными элементами и другие приспособления. Базовая часть этих приспособлений представляет собой сборочную единицу долговременного действия в различных компоновках.

Наладку приспособления для различных деталей осуществляют путем смены установочных и зажимных элементов, монтируемых на базовом агрегате. УНП нашли широкое применение в мелкосерийном и среднесерийном производстве, а также при групповом методе изготовления деталей.

Специализированные наладочные приспособления (СНП) аналогичны УНП, но базовый агрегат у них не универсальный, а специализированный. СНП применяют для установки заготовок различных размеров (в заданном диапазоне), близких по конфигурации, с идентичными схемами базирования.

Для повышения производительности применяют многоместные приспособления, позволяющие сменять заготовки вне рабочей зоны станка. СНП характерны для среднесерийного производства.

Универсально-сборные приспособления (УСП) komponуют на стандартизованных плитах различных размеров. В элементах УСП предусмотрены взаимно перпендикулярные Т-образные пазы. Фиксация элементов и узлов, изготовленных с высокой степенью точности, осуществляется с помощью шпонки, входящей в шпоночный паз. Возможность быстро, без дополнительной подгонки собирать приспособления для оснащения различных операций делает УСП весьма выгодными. При использовании конкретной компоновки их разбирают и используют для других компоновок в различных сочетаниях. УСП целесообразно применять в опытном, мелкосерийном, а при постановке на производство новой продукции и в среднесерийном производстве.

С помощью УСП многократно сокращают время изготовления приспособлений, т. е. время технологической подготовки производства (ТПП), а применение нормализованных гидравлических, пневматических, магнитных и других устройств позволяет применять УСП в крупносерийном производстве. Время сборки одного приспособления 2 - 4 ч.

Универсально-сборные механизированные. Также как и комплекты УСП, универсально-сборные механизированные приспособления представляют собой набор унифицированных элементов. Отличие заключается в использовании при сопряжении деталей комплектов беззазорных соединений. Для крепления деталей используются резьбовые соединения. В состав комплектов включены механизированные сборочные единицы. Вместо сетки пазов на поверхностях деталей выполнена сетка отверстий.

Сборно-разборные приспособления (СРП). Оснащение операций сборно-разборными приспособлениями состоит из проектирования и изготовления сменных специальных наладок. Компоновки (аналогично УСП) собирают из стандартных деталей и сборочных единиц, как специальные приспособления долгосрочного применения.

Эти приспособления находят широкое применение на различных токарных, фрезерных станках, в том числе и с ЧПУ, в среднесерийном и крупносерийном производстве.

Целесообразность применения конкретной компоновки приспособления следует экономически обосновывать. СРП являются разновидностью УСП.

Неразборные специальные приспособления (НСП) служат для оснащения конкретных операций индивидуального и группового технологических процессов. Они обеспечивают установку и закрепление однотипных по форме и конфигурации заготовок с идентичными схемами базирования.

НСП применяют для обработки штучных заготовок, а также при параллельных, последовательных и параллельно-последовательных схемах обработки. Такие приспособления применяют в крупносерийном и массовом производстве.

Цели и задачи курса изложены в п. 2.

Изучение дисциплины основывается на знаниях полученных при изучении следующих курсов:

- теоретическая механика;
- теория резания;
- режущий инструмент;
- оборудование и транспорт механообрабатывающих производств;
- гидравлика, гидро- и пневмоприводы;
- детали машин;
- взаимозаменяемость и стандартизация;
- технологические основы машиностроения;

- теоретические основы изготовления деталей и сборки машин;
- и др.

4.2 Структура приспособлений

Информация, изучаемая в этом разделе, изложена в [1,2,6,7].

Основными элементами приспособлений являются установочные, зажимные, направляющие, делительные (поворотные), крепежные детали, корпуса и механизированные приводы. Они имеют следующее назначение:

- установочные элементы - для определения положения обрабатываемой заготовки относительно приспособления и положения обрабатываемой поверхности относительно режущего инструмента;
- зажимные элементы - для закрепления обрабатываемой заготовки;
- направляющие элементы - для осуществления требуемого направления движения инструмента;
- вспомогательные элементы - служат для расширения технологических возможностей, повышения быстродействия приспособлений, удобства управления ими и их обслуживания.;
- крепежные элементы - для соединения отдельных элементов между собой;
- корпуса приспособлений (как базовых деталей) - для размещения на них всех элементов приспособлений;
- механизированные приводы - для автоматического закрепления обрабатываемой заготовки.

К элементам приспособлений относятся также захватные механизмы различных устройств (роботов, транспортных устройств ГПС) для захвата, зажима (разжима) и перемещения обрабатываемых заготовок или собираемых сборочных единиц.

Установка заготовок в приспособлениях или на станках, а также сборка деталей включает в себя их базирование и закрепление.

При базировании заготовок технологическими базами являются:

- необработанные ("черные") поверхности заготовки;
- предварительно обработанные поверхности заготовки;
- окончательно сформированные на заготовке поверхности детали;
- плоскости, оси и центры симметрии поверхностей заготовки.

Необходимость закрепления (силового замыкания) при обработке заготовки в приспособлениях очевидна. Для точной обработки заготовок необходимо:

- осуществлять ее правильное расположение по отношению к устройствам оборудования, определяющим траектории движения инструмента или самой заготовки;
- обеспечивать постоянство контакта баз с опорными точками и полную неподвижность заготовки относительно приспособления в процессе ее обработки.

Для полной ориентации во всех случаях при закреплении заготовка должна быть лишена всех шести степеней свободы (правило шести точек в

теории базирования); в некоторых случаях возможно отступление от этого правила. Схема базирования разрабатывается технологом при проектировании технологического процесса. Для ее реализации в конструкции приспособления предусматривается наличие опорных элементов.

Опоры могут быть неподвижными, подвижными, плавающими и регулируемыми. Неподвижные опоры жестко соединяются с корпусом приспособления, могут перемещаться по базе в процессе обработки или при установке ее приспособление. В качестве подвижных опор могут служить опоры подвижного люнета токарного станка, плавающих—подвижный (утопающий) палец или центр. Регулируемые (подводимые и самоустанавливающиеся) элементы играют роль дополнительные опор для повышения жесткости обрабатываемых в приспособлениях нежестких заготовок.

Примеры стандартизованных основных и вспомогательных опор приведены на рис.4.2.

Для установки заготовки в приспособлении плоской поверхностью применяют стандартизованные основные опоры в виде штырей со сферической, насеченной и плоской головками, шайб, опорных пластин. Если невозможно установить заготовку только на основные опоры, применяют вспомогательные опоры. В качестве последних могут быть использованы стандартизованные регулируемые опоры в виде винтов со сферической опорной поверхностью и самоустанавливающиеся опоры.

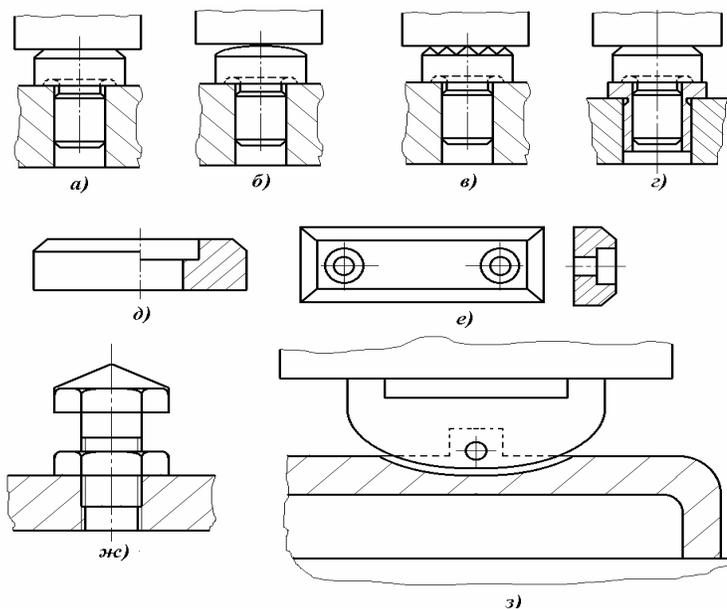


Рисунок 4.2 – Стандартизованные опоры (а)– постоянная опора с плоской поверхностью, б) постоянная опора со сферической поверхностью, в) постоянная опора с рифленой поверхностью, г)- постоянная опора с плоской поверхностью с установкой в переходную втулку, д)- опорная шайба, е)- опорная пластина, ж)- регулируемая опора, з)- самоустанавливающаяся опора.)

Выбор постоянных точечных опор осуществляют по ГОСТ 13440—68... ГОСТ 13442—68, регулируемых по ГОСТ 4084—68... ГОСТ 4085—68, самоустанавливающихся по ГОСТ 13159—67. Опорные пластины выбирают по ГОСТ 4743—68.

Сопряжения опор со сферической, насеченной и плоской головками с корпусом приспособления выполняют по посадке $H7/p6$ или $H7/h7$. Применяют установку таких опор и через промежуточные втулки, которые сопрягаются с отверстиями корпуса по посадке $H7/h7$. Конструкция опор приведена на рис 4.3.

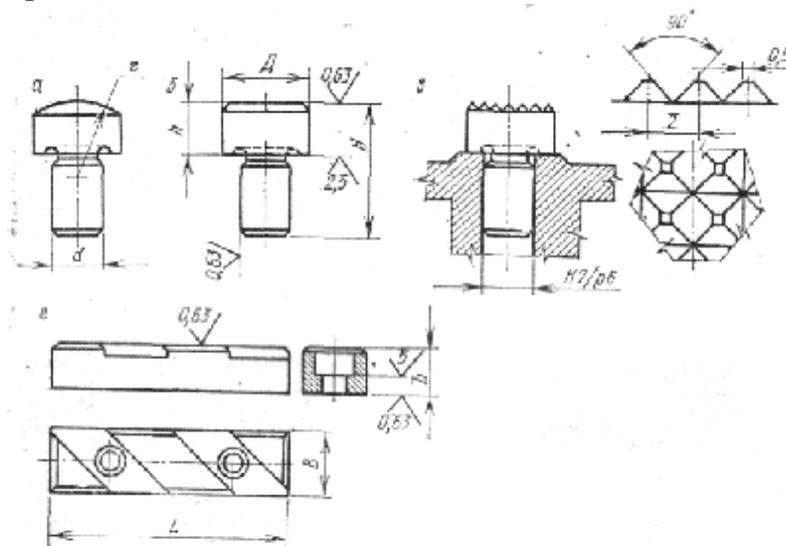


Рисунок 4.3 – Конструкция точечных опор и опорных пластин

По внешним цилиндрическим поверхностям заготовки устанавливают в призмы (ГОСТ 12195—66... ГОСТ 12197—66), втулки и полувтулки, цанги, кулачки самоцентрирующих патронов (ГОСТ 2675—80, ГОСТ 3890—82 и др.) и подобные установочные и установочно-зажимные элементы; по внутренним—на рабочую поверхность различных оправок (ГОСТ 16211—70 и др.), на пальцы (ГОСТ 12209—66... ГОСТ 12212—66), сухари, кулачки разжимных устройств и другие установочные элементы (рис 4.4).

Исполнительные поверхности всех установочных элементов приспособлений должны обладать большой износостойкостью и высокой твердостью. Поэтому их изготавливают из конструкционных и легированных сталей 20, 45, 20Х, 12ХНЗА с последующей цементацией и закалкой до 55-60 HRC₃, (опоры, призмы, установочные пальцы, центры) и инструментальных сталей У7 и У8А с закалкой до 50-55 HRC₃, (опоры с диаметром меньше 12 мм; установочные пальцы с диаметром менее 16 мм).

Зажимные элементы и устройства приспособлений предназначены для обеспечения надежного контакта базовых поверхностей заготовок с установочными элементами приспособлений и предупреждения смещения заготовки при обработке. В ряде случаев зажимные элементы одновременно выполняют функции установочных (кулачки, призмы и лепестки цанг в самоцентрирующих кулачковых, призматических и цанговых патронах,

губки в тисках и т. п.).

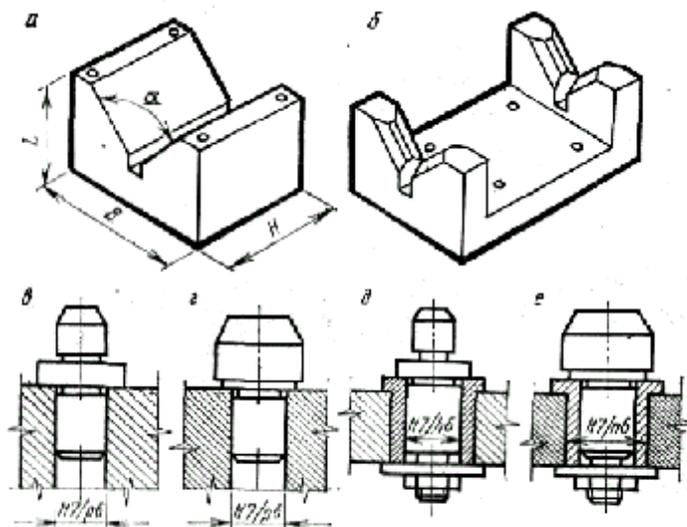


Рисунок 4.4 – Элементы для установки заготовок по наружным и внутренним цилиндрическим поверхностям (а,б – призмы широкие и узкая сдвоенная: в, г, д, е – пальцы постоянные соответственно с буртом, без бурта, и сменные с буртом, без бурта)

Зажимные элементы и устройства приспособлений должны: быть просты по конструкции; надежны в работе и удобны в обслуживании; обеспечивать равномерность распределения сил зажима (особенно при закреплении нескольких заготовок в многоместных приспособлениях); быть сменными и износостойкими, обладать достаточным ходом, обеспечивающим удобную установку заготовок; не должны вызывать деформации закрепляемых заготовок, смещения и порчи их поверхностей; не должны самопроизвольно отключаться. Закрепление и открепление заготовок в приспособлении должно производиться с минимальными затратами сил и времени рабочего. Например, необходимое усилие на рукоятку (штурвал, маховик) для обеспечения ручного привода зажимного устройства не должно превышать 150 Н.

Наиболее распространены элементарные зажимные устройства — винтовые, клиновые, рычажные, эксцентриковые и цанговые. Чаще в приспособлениях используются сложные (комбинированные) устройства, состоящие из двух или нескольких элементарных.

Силовые приводы приспособлений обеспечивают воздействие зажимных элементов на закрепляемую заготовку с заданной силой и в определенном направлении. Наиболее распространены пневматические (поршневые, диафрагменные, пластинчатые и сильфонные) приводы с повышенным быстродействием, позволяющие регулировать и легко контролировать создаваемые ими силы закрепления и обеспечивающие их стабильность. Они просты в изготовлении и обслуживании, их работоспособность не зависит от температуры окружающей среды. Давление воздуха в пневмосистеме — 0,4...0,6 МПа.

Существуют также вакуумные приводы, однако их использование

сдерживается необходимостью применения вакуумных одно- и двухступенчатых поршневых или струйных насосов (эжекторов), работающих с использованием сжатого воздуха.

Для обеспечения необходимых сил зажима малогабаритными устройствами применяют гидравлические, пневмо- и механогидравлические приводы. Силы зажима создаются при малых размерах гидроприводов за счет высокого давления жидкости в их гидросистеме (10 МПа и более).

Обеспечение надежных уплотнений подвижных соединений в таких приводах затруднено из-за большого давления жидкости. Гидравлические приводы целесообразно использовать на гидрофицированных станках.

Кроме того используются электромагнитные, магнитные (с постоянными магнитами), мектромеханические, центробежно-инерционные приводы и приводы от движущихся элементов станков и сил, возникающих при обработке, а также ручные приводы зажимных устройств.

Элементы для определения положения и направления инструментов служат для определения положения режущего инструмента относительно заготовки (высотные и угловые установки); направления сверл, зенкеров, разверток, дорнов, расточных борштанг и другого инструмента (кондукторные втулки); обеспечения заданной кинематики перемещения инструмента (копиры). Указанные элементы должны иметь повышенную точность и качество отделки, высокую износостойкость.

Кондукторные втулки служат для направления режущего инструмента при обработке отверстий на станках. сверлильной группы. Они позволяют повысить точность обрабатываемых отверстий по параметрам отклонений диаметральных размеров, формы, расположения осей отверстий на входе и выходе за счет ограничения прогибов инструмента. Их подразделяют на неподвижные и вращающиеся. Неподвижные стандартные кондукторные втулки бывают постоянные по ГОСТ 18429—73* и постоянные с буртиком по ГОСТ 18430—73*, которые применяют в условиях мелкосерийного производства при обработке неточных отверстий одним инструментом (сверлом, зенкером); сменные по ГОСТ 18431-73*, которые применяют в условиях крупносерийного и массового производства при обработке одного отверстия одним инструментом (сверлом, зенкером, разверткой) и которые быстро заменяют при изнашивании; быстросменные по ГОСТ 18432—73* применяют при обработке одного отверстия последовательно несколькими инструментами (сверлом, зенкером, разверткой); промежуточные по ГОСТ 18433—73 * и промежуточные с буртиком по ГОСТ 18434—73 , которые служат для установки сменных и быстросменных кондукторных втулок для уменьшения износа плиты. Конструкция втулок приведена на рис. 4.6

Сменные втулки 1 устанавливают в постоянные втулки 2 по посадкам либо Н7/г6 либо Н6/г5. В корпус постоянные втулки устанавливают по посадке Н7/п6. Ориентировочный срок службы кондукторных втулок $(1 \dots 1,5)10^4$ сверлений при $l < d$. Высота $H = (1,5 \dots 2) d$.

Для уменьшения износа и увода инструмента зазор между

поверхностью заготовки и нижним торцом втулки принимают равным: $(0,3—0,5) d$ при сверлении по чугуну, бронзе и другим хрупким материалам; $(0,5—1) d$ при сверлении по стали и другим вязким материалам; $\leq 0,3 d$ при зенкерование (d - диаметр направляющего отверстия кондукторной втулки).

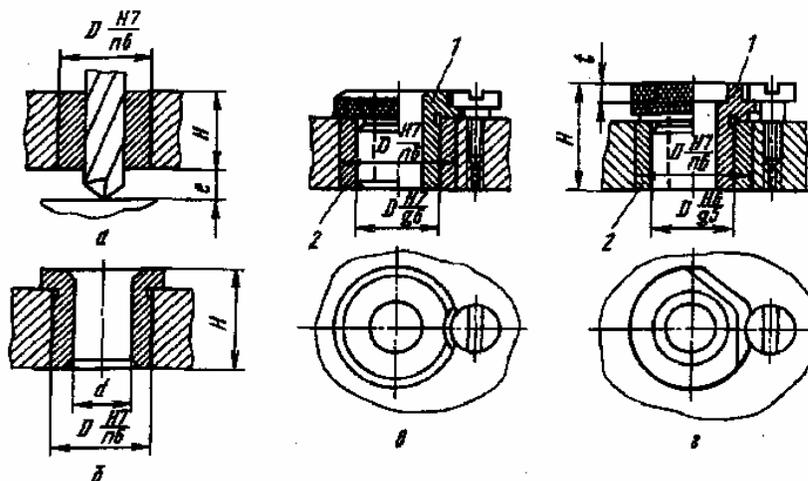


Рисунок 4.6 – Постоянные (а, б) и сменные (в, г) кондукторные втулки

Специальные кондукторные втулки (рис. 4.7) имеют конструкции, отвечающие особенностям детали и операции. Так, на рис. 4.7а представлена втулка для обработки отверстия в криволинейной поверхности. Удлиненная быстросменная втулка (рис. 4.7б) служит для направления оси отверстия, расположенного в углублении. При малом расстоянии между осями применяют конструкции, представленные на рис. 4.7в, нестандартная сменная втулка для последовательного сверления трех отверстий показана на рис.4.7г.

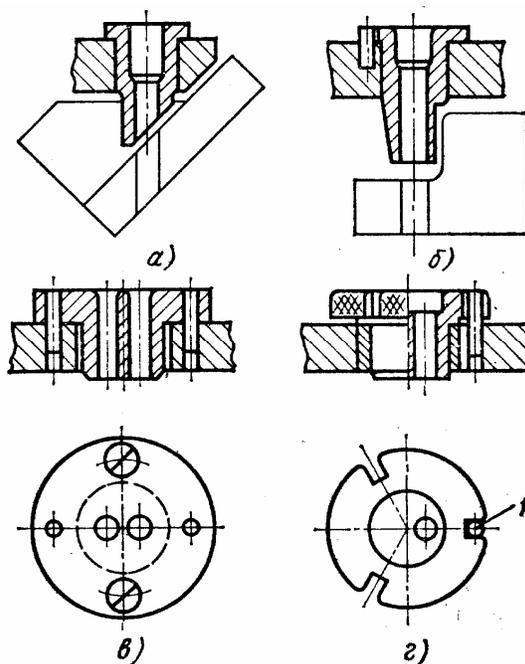


Рисунок 4.7 – Нестандартные кондукторные втулки

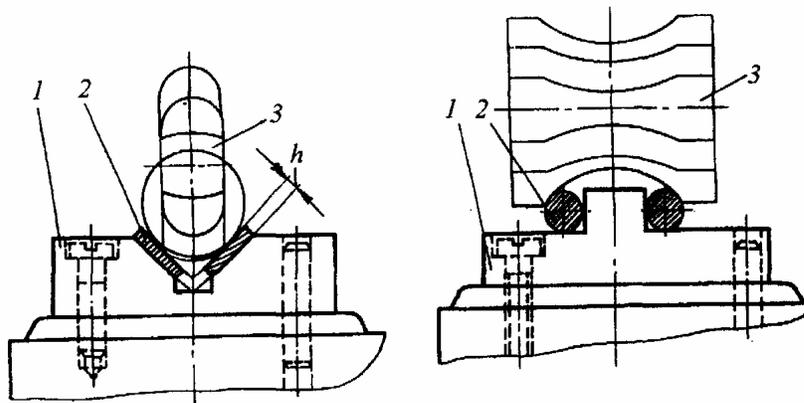


Рисунок 4.9 – Специальные установы (1- установ; 2- щупы для настройки инструмента; 3- фреза)

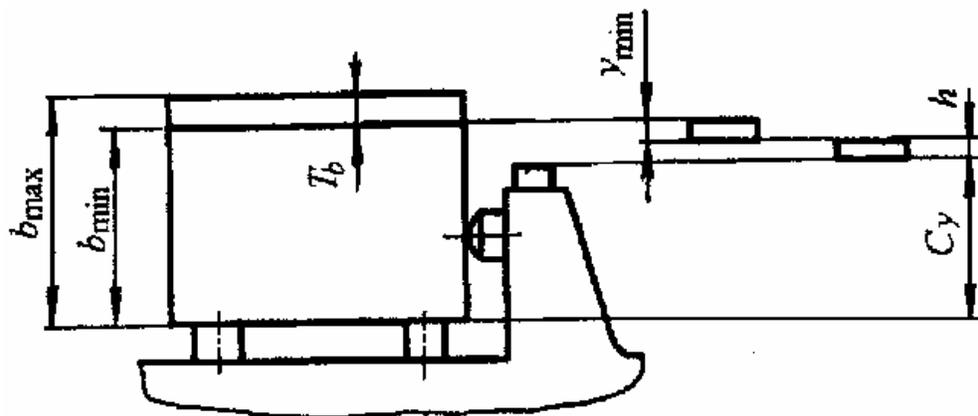


Рисунок 4.10 – Расчетная схема для определения размера установа

Корпусы - базовые наиболее ответственные элементы приспособлений, с помощью которых все детали и устройства приспособлений объединяются в единое целое. Корпусы обеспечивают заданное относительное расположение всех элементов и устройств приспособления, воспринимают силы обработки и зажима заготовок.

Требования, предъявляемые к корпусам приспособлений:

- корпус должен быть жестким и прочным при минимальной массе;
- удобным для очистки от стружки и отвода СОЖ;
- обеспечивать быструю и удобную установку и съем заготовок;
- обеспечивать установку и закрепление приспособления на станке без выверки (для этого предусматривают направляющие элементы - пазовые шпонки и центрирующие бурты);
- прост в изготовлении, обеспечивать безопасность работы (недопустимы острые углы, малые просветы между рукоятками и корпусом);

- корпуса передвижных или кантуемых приспособлений для сверления должны быть устойчивыми при разных положениях на столе станка, также корпуса выполняют с литыми или вставными ножками, ограничивающими контакт со столом станка.

Корпус на столе станка крепят с помощью болтов, заводимых в T-образные пазы стола, или при помощи прихватов.

Корпуса изготавливают из серого чугуна (СЧ10, СЧШ и др.), который обладает хорошими демпфирующими свойствами; конструкционных и легированных сталей (Ст3, Ст5, сталь 35Л, сталь 45 и др.); алюминиевых (АЛ6, АЛ9 и др.) и других легких сплавов; пластмасс и композитов на базе эпоксидных смол и других конструкционных материалов. В зависимости от материала используют методы изготовления корпусов: литье (чугун, сталь, алюминиевые сплавы, эпоксидные смолы),ковка и штамповки (сталь, алюминиевые сплавы), вырезка из сортового материала (стальной и алюминиевый прокат, пластмассы), сварка (сталь, алюминиевые сплавы), сборка из отдельных элементов. С учетом большого разнообразия изготавливаемых деталей, методов обработки и типов станков конфигурация корпусов приспособлений может быть самой разнообразной (в виде плит угольников, сложной коробчатой формы и др.). Конфигурации заготовок сборного и кованого корпусов наиболее просты.

Значительное удешевление приспособлений и сокращение сроков их изготовления обеспечиваются за счет стандартизации корпусов и их заготовок. При наличии запаса стандартных заготовок (ГОСТ 1412—79) различных типоразмеров можно быстро получить желаемую конструкцию корпуса путем их соответствующей доработки.

Вспомогательные устройства и элементы служат для расширения технологических возможностей, повышения быстродействия приспособлений, удобства управления ими и их обслуживания. К вспомогательным относятся поворотные и делительные устройства с дисками и фиксаторами; различные выталкивающие устройства (выталкиватели); быстродействующие защелки и откидные винты для крепления откидных элементов приспособлений (например, шарнирно установленных кондукторных плит); подъемные механизмы станочных приспособлений, обеспечивающие выполнение специальных приемов; тормозные и прижимные устройства; рукоятки; сухари; шпильки; маховички; крепежные и другие детали.

С помощью поворотных, делительных и подъемных устройств, применяемых в многопозиционных приспособлениях, обрабатываемой заготовке придаются различные положения относительно станка. Делительные устройства состоят из дисков, закрепляемых на поворотных частях приспособлений, и фиксаторов (рис. 4.11).

Наиболее просты в изготовлении, но наименее точны в работе шариковые фиксаторы. Однако недостатком этих фиксаторов является то, что они малоустойчивы к воздействию внешней нагрузки. Фиксаторы кнопочного типа с цилиндрическими пальцами (выполняются по ГОСТ

13160-67) могут воспринимать усилия от сил резания. Наиболее точными являются фиксаторы с коническими пальцами реечного типа (регламентируются ГОСТ 13162—67). Для повышения износостойкости стальные пальцы и втулки (ГОСТ 12214-66, ГОСТ 12215—66) фиксаторов выполняют с закалкой или цементацией и закалкой до твердости HRC 56...61.

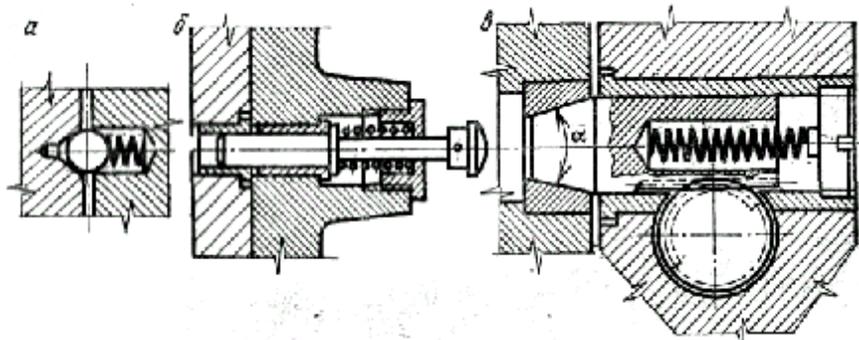


Рисунок 4.11 – Фиксаторы (а – шариковый; б) цилиндрический; в) конический реечного типа)

На рис. 4.12 показана специализированная наладочная делительная головка.

Головка обеспечивает поворот шпинделя 6 и имеет делительное устройство, состоящее из диска 8, подпружиненного фиксатора 5 в виде защелки и эксцентрикового устройства 4 вывода фиксатора из паза делительного диска. Поворот шпинделя 6 во втулке 7 контролируется по лимбу 1. Кроме того, для разгрузки делительного механизма от крутящего момента и исключения вибрации при обработке заготовок предусмотрено прижимное устройство в виде гайки 3 с рукоятками 2 и резьбового пояса шпинделя 6. После поворота на необходимый угол и фиксации шпинделя вращением гайки 3 торцы делительного диска 8, закрепленного на фланце шпинделя, и лимба 1 плотно прижимаются к поверхностям корпуса 9.

Приспособление используют для фрезерования деталей типа втулок и круглых гаек на горизонтально-фрезерном станке. Оправки с заготовками устанавливают одним концом в конусное гнездо шпинделя делительной головки и поджимают подвижными центрами задней бабки. Заготовки обрабатывают набором фрез. Сменные делительные диски обеспечивают деление окружности на заданное число частей в зависимости от количества шлицев (пазов, лысок) на деталях. Оправки поворачивают рукояткой, вставляемой в радиальные отверстия фланца шпинделя 6, при отжатой гайке 3 и выведенном из паза делительного диска фиксаторе 5.

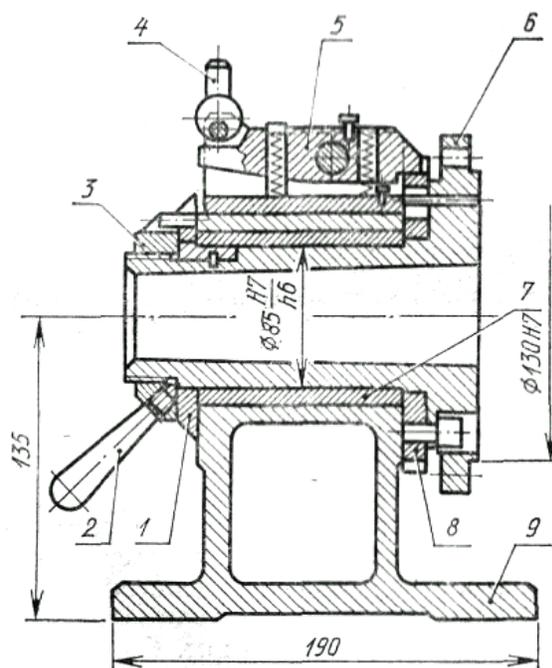


Рисунок 4.12 – Специализированная делительная головка

Выталкиватели (рис. 4.13) используют для ускорения снятия небольших деталей с приспособления.

Примером подъемных механизмов может служить подъемное устройство расточных приспособлений. В случае, когда нужно одновременно расточить в заготовке несколько последовательно расположенных отверстий одинакового диаметра одной борштангой, предусматривается подъемное устройство, на котором устанавливается обрабатываемая заготовка. В результате подъема и, следовательно, смещения оси необработанных отверстий заготовки относительно оси борштанги обеспечивается проход расточной скалки в кондуктор и заготовку с установкой резцов в исходное положение перед растачиваемыми на данной операции отверстиями. После этого подъемная часть с заготовкой опускается и крепится к неподвижному основанию приспособления.

4.3 Основные этапы проектирования приспособлений

Материал, изучаемый в этом разделе, изложен в [6-8].

К основным этапам проектирования приспособлений относятся:

- анализ исходных данных;
- формулирование служебного назначения приспособления;
- разработка принципиальной схемы приспособления;
- конструирование и расчет приспособления;
- определение технических требований на приспособление.

Рассмотрим каждый из перечисленных этапов.

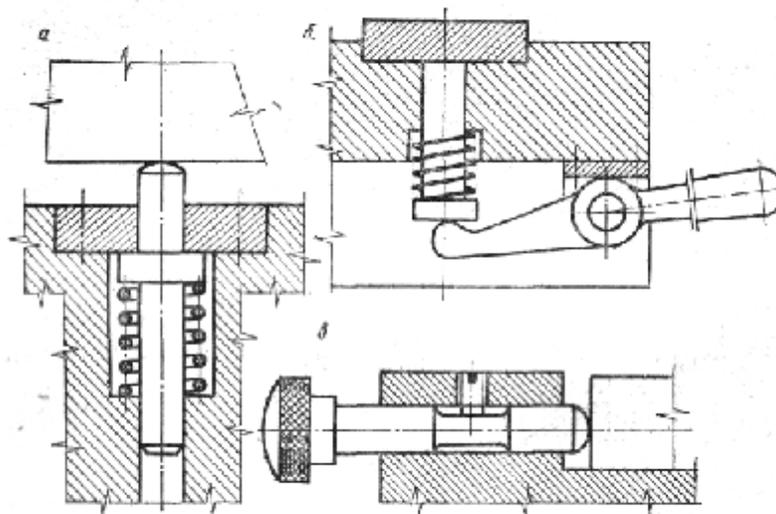


Рисунок 4.13 – Выталкиватели (а – пружинный; б – рычажный; в- кнопочный)

Анализ исходных данных. Исходные данные включают чертеж объекта, устанавливаемого в приспособление, технические требования приемки объекта, операционные карты технологического процесса изготовления объекта на ту операцию, для осуществления которой проектируется приспособление.

В процессе анализа исходных данных определяются

- схема базирования объекта;
- размеры, допуски, шероховатость его поверхностей;
- материал и его характеристики,
- характеристики технологического оборудования;
- комплект технологических или измерительных баз объекта;
- структура операции;
- точность обработки на данной операции;
- режимы процесса;
- затраты штучного времени на операцию;
- тип производства, программа выпуска.

Размеры и форма объекта, приведенные в операционном **чертеже детали**, определяют габаритные размеры приспособления, его массу, материал, тип конструкции корпуса приспособления. Допуски на размеры и шероховатость поверхностей объекта влияют на выбор установочных элементов, зажимных элементов и их расположение. Заданная точность изготовления объекта на данной операции ограничивает допустимую погрешность установки объекта в приспособление, которая должна быть в несколько раз меньше погрешности изготовления объекта.

Перед проектированием приспособления конструктору следует ознакомиться с технологическим оборудованием, для которого оно проектируется. Тип технологического оборудования предопределяет комплект основных баз приспособления, которые используются при его

установке на станке, допустимые габаритные размеры корпуса приспособления, размеру присоединительных поверхностей

Комплект технологических баз объекта предопределяет комплект вспомогательных баз приспособления. Например, если комплект технологических баз заготовки на данную операцию представляет собой сочетание плоскости и двух цилиндрических отверстий, то у приспособления под заготовку должен быть комплект вспомогательных баз, образованный плоскостью и двумя цилиндрическими штырями, один из которых будет срезанным.

Структура операции, режимы процесса позволяют определить действующие нагрузки, которые будет воспринимать объект, а следовательно, и приспособление во время операции. Это позволит рассчитать требуемый уровень сил зажима объекта и самого приспособления на столе технологической системы, а также сформулировать требования к прочности, жесткости, виброустойчивости приспособления.

Затраты времени на операцию определяют уровень быстродействия приспособления при установке и снятии объекта, а это в свою очередь оказывает влияние на кинематику приспособления и выбор типа привода.

Тип производства и программа выпуска во многом определяют уровень автоматизации приспособления, требования к износостойкости элементов, целесообразность использования в приспособлении унифицированных элементов, надежность и долговечность.

Формулирование служебного назначения приспособления. Правильно сформулированное служебное назначение приспособления во многом определяет его качество. Формулирование служебного назначения приспособления основывается на качественном и количественном анализе исходной информации об операции технологического процесса и условий, в которых будет эксплуатироваться приспособление.

Формулировка служебного назначения приспособления должна включать: для какой операции проектируется приспособление; число объектов, устанавливаемых в приспособление; габаритные размеры объекта; достигаемая точность обрабатываемой поверхности; комплект баз, по которым базируется объект; технологические размеры выполняемые при обработке; условия, в которых приспособление эксплуатируется, и в первую очередь, особые условия: наличие высоких или низких температур, агрессивной среды и т.п.

Пример формулировки служебного назначения. Специальное приспособление предназначено для выполнения горизонтально-расточной операции; для установки двух заготовок корпуса редуктора с габаритными размерами 420x380x270 мм, при растачивании отверстия $\varnothing 150H7$, заготовка базируется на плоскость и два цилиндрических отверстия $\varnothing 16$ мм, При обработке выдерживаются разметы $140_{-0,120}$ и $160^{+0,1}$.

Разработка принципиальной схемы приспособления. Принципиальная схема приспособления включает схему расположения установочных элементов, схему сил зажима объекта, кинематику передачи

усилия от привода к зажимным элементам.

Схема расположения установочных элементов определяется схемой базирования объекта и типом установочных элементов. В соответствии со схемой базирования объекта и картой эскизов определяется число и тип установочных элементов, которые должны реализовать схему базирования.

При разработке принципиальной схемы определяют наилучшее расположение установочных элементов. Выбирают такую схему их расположения, при которой были бы обеспечены наивысшая точность установки и наибольшая устойчивость базируемого объекта.

Схема установки должна обеспечивать устойчивое положение детали и без приложения усилия закрепления.

При закреплении заготовки в приспособлении должны соблюдаться следующие основные правила:

- не должно нарушаться положение заготовки достигнутое при ее базировании;
- закрепление должно быть надежным, чтобы во время обработки положение заготовки сохранялось неизменным;
- возникающие при закреплении смятие поверхностей заготовки, а также ее деформация должны быть минимальными и находиться в допустимых пределах;
- для обеспечения контакта заготовки с опорным элементом и устранения возможного его сдвига при закреплении зажимное усилие следует направлять перпендикулярно к поверхности опорного элемента. В отдельных случаях зажимное усилие можно направлять так, чтобы заготовка одновременно прижималась к поверхностям двух опорных элементов;
- в целях устранения деформации заготовки при закреплении точку приложения зажимного усилия надо выбирать так, чтобы линия его действия пересекала опорную поверхность опорного элемента. При закреплении особо жестких заготовок можно допускать, чтобы линия действия зажимного усилия проходила между опорными элементами;
- погрешность закрепления должна быть минимальной;

При выборе схемы сил зажима объекта в первую очередь решают, на какие координатные плоскости, построенные на установочных элементах приспособления, должно быть направлено силовое замыкание. Теоретически, с точки зрения надежного закрепления, определенности базирования объекта, рекомендуется силовое замыкание направлять на каждую из шести опор. Оценивая схему сил и моментов, действующих на объект во время осуществления процесса, исходя из выбранной схемы расположения установочных элементов, сначала решают, на какие базы из комплекта баз направить силовое замыкание и будет ли на базу действовать одна сила зажима или несколько (т.е. на каждый установочный элемент). Для упрощения приспособления желательно прикладывать силы зажима на одну координатную плоскость, построенную на установочной базе. Например, на установочную базу может быть направлена одна сила или три силы, т.е. на

каждый установочный элемент. В тех случаях, когда прикладывается одна сила, точка ее приложения должна совпадать с точкой, равноудаленной от каждого из трех установочных элементов.

На этом же этапе определяют необходимость в дополнительных опорах.

После определения схем расположения установочных элементов и сил зажима определяют кинематическую схему передачи усилия от силового привода к зажимным элементам. Кинематическая схема должна давать представление о типе используемых зажимных элементов, их взаимосвязи между собой и приводом приспособления.

В итоге получают принципиальную схему приспособления.

На рис. 4.14 показаны принципиальные схемы различных приспособлений.

Конструирование и расчет приспособления. Основными расчетами приспособления являются: расчет сил зажима, определение параметров силового привода, расчеты точности, прочности и экономической эффективности приспособления.

Силы Q , необходимые для закрепления заготовки, должны предотвратить возможный отрыв заготовки от установочных элементов приспособления, сдвиг или поворот ее под действием сил резания и обеспечить надежное закрепление в процессе обработки.

Исходной информацией для расчета сил зажима и параметров силового привода являются:

- значение силы и моменты, действующие на объект во время технологического процесса;
- схемы расположения установочных и зажимных элементов;
- точка приложения и направление усилий закрепления.

Для выполнения расчетов усилия закрепления составляется расчетная схема. На ней показывается:

- контур детали;
- расположение опор;
- точка приложения и направление действия усилий резания (при этом выбирается наиболее неблагоприятный вариант);
- точка приложения и направление действия усилий закрепления;
- направление реакций в опорах;
- направление сил трения в точках приложения усилий закрепления и в опорах;
- геометрические параметры необходимые для расчета.

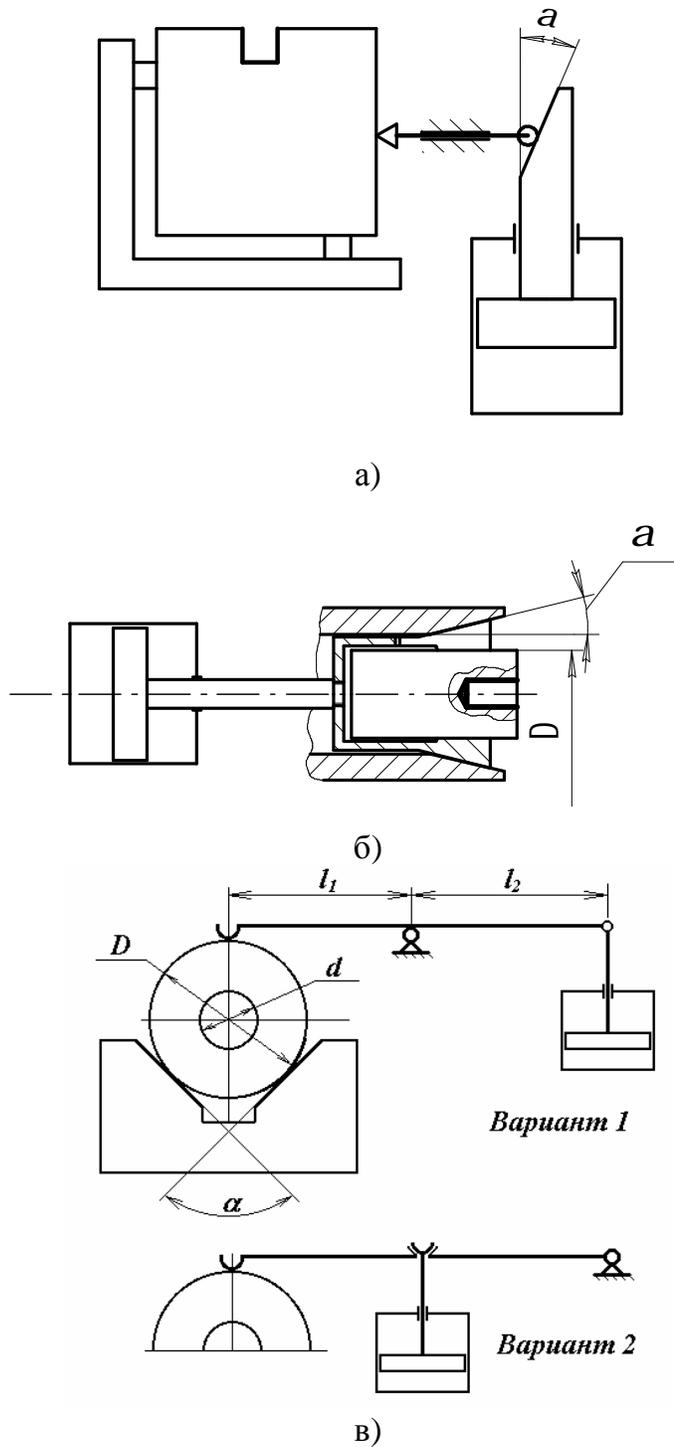


Рисунок 4.14 – Принципиальные схемы приспособлений (а- для фрезерования паза; б – для сверления на токарном станке; в- для сверления отверстия на валу.)

После составления расчетной схемы выполняется описание действия сил на заготовку.

Расчет усилия закрепления выполняется на основе составления уравнений равновесия заготовки. Число уравнений зависит от числа составляющих силы резания. Для каждой составляющей силы резания

рассчитывается своя составляющая усилия закрепления.

Так как в производственных условиях могут иметь место отступления от тех условий, применительно к которым рассчитывались по нормативам силы и моменты резания, возможное увеличение их следует учесть путем введения коэффициента надежности (запаса) закрепления K и умножения на него сил и моментов, входящих в составленные уравнения статики.

Значение коэффициента надежности K следует выбирать дифференцированно в зависимости от конкретных условий выполнения операции и способа закрепления заготовки. Его величину можно представить как произведение частных коэффициентов, каждый из которых отражает влияние определенного фактора:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6$$

где K_0 – гарантированный коэффициент запаса надежности закрепления, $K_0 = 1,5$; K_1 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания из-за случайных неровностей на заготовках, $K_1 = 1,2$ – для черновой обработки, $K_1 = 1,0$ – для чистовой обработки; K_2 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания вследствие затупления инструмента; K_3 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при прерывистом резании, $K_3 = 1,2$; K_4 – учитывает непостоянство зажимного усилия, $K_4 = 1,3$ – для ручных зажимов, $K_4 = 1,2$ – для мембранных пневмокамер, $K_4 = 1,0$ – для пневматических и гидравлических зажимов; K_5 – учитывает степень удобства расположения рукояток в ручных зажимах, $K_5 = 1,2$ – при диапазоне угла отклонения рукоятки 90° , $K_5 = 1,0$ – при удобном расположении и малой длине рукоятки; K_6 – учитывает неопределенность из-за неровностей места контакта заготовки с опорными элементами, имеющими большую опорную поверхность (учитывается только при наличии крутящего момента, стремящегося повернуть заготовку), $K_6 = 1,0$ – для опорного элемента, имеющего ограниченную поверхность контакта с заготовкой. $K_6 = 1,5$ – для опорного элемента с большой площадью контакта.

Величина K может колебаться в пределах $1,5 \dots 8,0$. Если $K < 2,5$, то при расчете надежности закрепления ее следует принять равной $K = 2,5$ (согласно ГОСТ 12.2.029-77).

После расчета усилия закрепления выполняется расчет исходного усилия на приводе W

При расчетах используется уравнение

$$i = Q/W,$$

где i – коэффициент усиления, величина которого определяется кинематической схемой приспособления.

По известной величине W определяются параметры привода.

Разработку общего вида приспособления начинают с вычерчивания контура заготовки. Далее последовательно наносят отдельные элементы

приспособления в соответствии с его принципиальной схемой. Сначала вычерчивают детали, выполняющие роль установочных элементов, затем детали зажимных элементов, подводимых опор, детали для направления и настройки инструмента, кинематические звенья, привод приспособления. Затем вычерчивают корпус приспособления, который объединяет все перечисленные элементы. Приспособление показывают с закрепленной деталью. Как правило, общий вид приспособления вычерчивают в масштабе 1:1 с указанием габаритных размеров, посадок и присоединительных размеров.

После выполнения сборочного чертежа выполняется расчет точности обработки.

На точность обработки влияет ряд технологических факторов, вызывающих общую погрешность обработки d_S , которая не должна превышать допуск a выполняемого размера при обработке заготовки:

$$d_S \leq a$$

Для выражения допуска a , выполняемого при обработке размера, следует пользоваться формулой:

$$a = \sqrt{d_o^2 + d_c^2 + e^2 + 3d_{uz}^2 + 3d_T^2} + \sum d_\phi,$$

где d_o – погрешность вследствие упругих отжатию технологической системы под влиянием сил резания (погрешность деформации);

d_c – погрешность настройки станка в ненагруженном состоянии;

e – погрешность установки заготовки в приспособлении;

d_{uz} – погрешность от размерного изнашивания инструмента;

d_T – погрешность обработки, вызываемая тепловыми деформациями технологической системы;

$\sum d_\phi$ – суммарная погрешность формы обрабатываемой поверхности, обусловленная геометрическими погрешностями станка и деформацией заготовки при обработке и входящая в допуск a , так как погрешность формы поверхности является частью поля ее размера.

Погрешность установки e :

$$e = \sqrt{e_o^2 + e_z^2 + d_{nz}^2} \quad \text{мкм},$$

где e_o – погрешность базирования заготовки в приспособлении;

e_z – погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил зажима;

d_{nz} – погрешность положения заготовки, зависящая от приспособления;

$$d_{nz} = e_{np} + e_{pn} + e_u.$$

где e_{np} – погрешность изготовления приспособления по выбранному параметру, зависящая от погрешностей изготовления и сборки установочных и других элементов приспособления;

e_{pn} – погрешность расположения приспособления на станке;

e_u – погрешность расположения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления;

Величина d_{nz} изменяется в зависимости от условий и типа производства, а также от особенностей конструкции приспособления.

Для мелкосерийного и серийного производства:

$$d_{nz} = e_{np} + \sqrt{e_{pn}^2 + 3e_u^2}, \text{ мкм.}$$

Для массового и крупносерийного:

а) для одноместных приспособлений

$$d_{nz} = e_u, \text{ мкм,}$$

б) для многоместных приспособлений

$$d_{nz} = \sqrt{e_{np}^2 + 3e_u^2}, \text{ мкм,}$$

в) для приспособлений-спутников

$$d_{nz} = +\sqrt{e_{np}^2 + e_{pn}^2 + 3e_u^2}, \text{ мкм.}$$

В общем случае:

$$a = \sqrt{d_0^2 + d_c^2 + e_0^2 + e_s^2 + d_{nz}^2 + 3e_u^2 + e_{pn}^2 + e_n^2 + 3d_{uz}^2 + 3d_T^2} + \sum d_\phi, \text{ мкм,}$$

где e_n – погрешность от перекоса инструмента.

Отсюда погрешность изготовления приспособления:

$$e_{np} = \sqrt{\left(a - \sum d_\phi\right)^2 + d_0^2 + d_c^2 + e_0^2 + e_s^2 + 3e_u^2 + e_{pn}^2 + e_n^2 + 3d_{uz}^2 + 3d_T^2}, \text{ мкм.}$$

В связи со сложностью нахождения значений ряда величин точность изготовления приспособления можно определить по формуле:

$$e_{np} \leq a - \kappa_T \sqrt{(\kappa_{T1} - e_0)^2 + e_s^2 + e_u^2 + e_{pn}^2 + e_n^2 + (\kappa_{T2} \cdot w)^2}, \text{ мкм,}$$

где $\kappa_T = 1 \dots 1,2$ (в зависимости от количества слагаемых: чем их больше, тем ближе к единице следует принимать значение κ_T);

κ_{T1} – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках: $\kappa_{T1} = 0,8 \dots 0,85$;

κ_{T2} – учитывает долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления, $\kappa_{T2} = 0,6 \dots 0,8$;

w – экономическая точность обработки.

При расчете приспособления на прочность определяют слабое звено приспособления и в соответствии с характером нагрузки на это звено рассчитывают его по соответствующим формулам.

С помощью расчета деталей (элементов) приспособлений на прочность можно решать две задачи: а) проверку на прочность уже существующих деталей с определенными размерами сечений путем сравнения фактических напряжений (моментов, сил) с допускаемыми — проверочный расчет; б) определение размеров сечений деталей — предварительный проектный расчет.

При экономическом расчете определяют целесообразность принятых в приспособлении уровней механизации, автоматизации, унификации, выбранного привода, принимая во внимание программу выпуска объекта установки, величину серии, технологию изготовления приспособления,

материал его деталей. Эффективности применения технологической оснастки может оцениваться двумя методами:

1. путем сопоставления фактических затрат (по результатам внедрения) с плановыми;
2. путем сопоставления экономии от применения приспособления с затратами на его изготовление и эксплуатацию.

4.4 Зажимные элементы приспособлений

Информация, изучаемая в этом разделе, изложена в [1,2,6,7].

Зажимные устройства приспособлений разделяются на простые (элементарные) и сложные (комбинированные), состоящие из нескольких простых. Простые зажимные устройства представляют собой элементарные механизмы (винтовые, клиновые, рычажные, эксцентриковые и т. п.), сложные состоят из комбинации простых, соединенных в определенном порядке. Любое зажимное устройство приспособления включает в себя ведущее звено, на которое действует исходная (приводная) сила, и ведомые звенья (зажимные элементы) в виде кулачков, прихватов, непосредственно зажимающие заготовки. В зависимости от числа ведомых звеньев зажимные устройства подразделяются на одно- и многозвенные. Многозвенные устройства закрепляют одновременно одну заготовку в нескольких местах или несколько заготовок в многоместном приспособлении.

В зависимости от источника привода зажимные устройства подразделяются на ручные, механизированные и автоматизированные. Ручные устройства приводятся в действие рабочим, механизированные работают от пневматических, гидравлических и других приводов, но управляются рабочим, автоматизированные приводятся в действие и управляются без участия рабочего.

При проектировании приспособлений необходимо по найденной зажимной силе Q определить основные размеры зажимного устройства и исходную силу (момент) для приведения устройства в действие. Эти задачи решаются с помощью расчетов элементарных зажимных устройств.

Винтовые зажимные устройства (рис. 4.15) применяются в приспособлениях с ручным закреплением заготовок, в механизированных приспособлениях и на автоматических линиях в приспособлениях-спутниках. Они просты и надежны в работе.

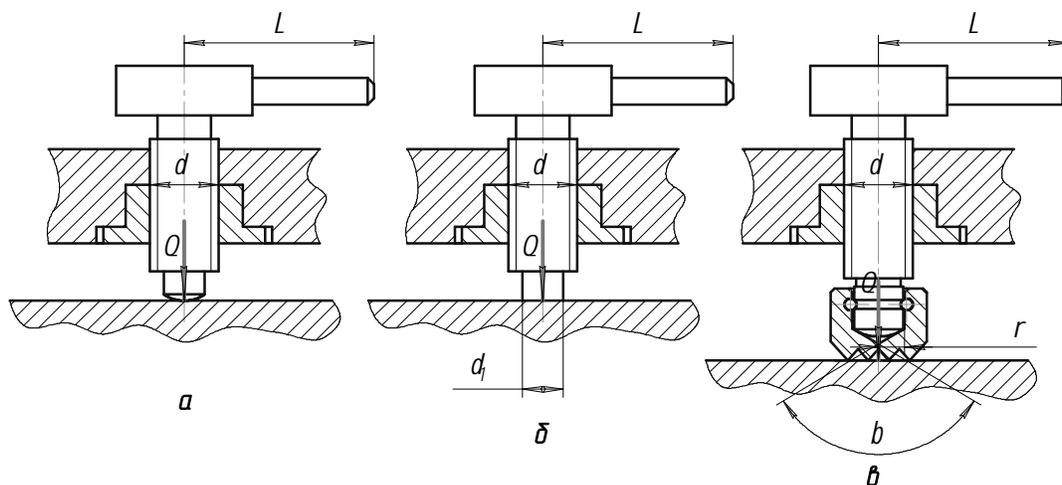


Рисунок 4.15 Винтовые зажимы: а – со сферическим торцем; б – с плоским торцем; в – с башмаком.

Расчет винтовых зажимных устройств проводится в следующей последовательности.

Определяется номинальный (наружный) диаметр резьбы винта d (см. рис. 4.15) по формуле

$$d = C \sqrt{\frac{Q}{[\sigma]}},$$

где C - коэффициент, для основной метрической резьбы $C = 1,4$; Q - потребная сила зажима, Н; $[\sigma]$ - допускаемое напряжение растяжения (сжатия), для винтов из стали 45, с учетом износа резьбы можно принимать $[\sigma] = 80 \dots 100$ МПа.

Полученное значение d округляется до ближайшего большего стандартного значения. Обычно в приспособлениях применяются резьбы от М6 до М48.

Далее определяется момент M , который нужно развить на винте (гайке) для обеспечения заданной зажимной силы Q :

$$M = r_{cp} Q \operatorname{tg}(\alpha + j) + M_{тр},$$

где r_{cp} - средний радиус резьбы (можно принимать $r_{cp} = 0,45d$); α - угол подъема резьбы (для резьб от М8 до М52, α изменяется от $3^\circ 10'$ до $1^\circ 51'$); j - угол трения в резьбе; $M_{тр}$ — момент трения на опорном торце гайки.

$$M_{тр} = Q f r_{пр},$$

$r_{пр}$ - приведенный радиус кольцевого торца, для гаек $r_{пр} = [(D^3 - d^3)/(D^2 - d^2)]/3$ D - наружный диаметр кольцевого торца гайки.

При средних значениях $\alpha = 2^\circ 30'$; $j = 10^\circ 30'$; $D = 1,7d$; $f = 0,15$ можно пользоваться приближенным расчетом M для гаек по формуле $M = 0,2d Q$.

Момент открепления винтового зажимного устройства при ($\varphi' > \alpha$)

$$M' = r_{cp} Q \operatorname{tg}(j' - \alpha) + M_{mp}.$$

С учетом того что при откреплении преодолевается трение покоя, j' и f_i (коэффициент трения в резьбе) следует брать на 30..,50 % большими, чем в случае закрепления заготовки. С учетом указанного обстоятельства и после всех преобразований можно получить приближенную формулу для момента открепления,

$$M \approx 0,2d Q.$$

При расчете винтовых устройств с использованием нажимных винтов можно использовать приведенные ниже приближенные формулы расчета момента закрепления.

Для нажимных винтов, показанных на рис. 4.15а:

$$M \approx 0,1D Q.$$

Для нажимных винтов с плоским торцом (рис. 4.15б):

$$M = 0,1d Q + f Q d/3.$$

Для нажимных винтов с башмаком (рис. 4.15в):

$$M = 0,1d Q + r f \operatorname{ctg}(b/2) Q$$

или (при $b=118^\circ$ и $j=0,16$)

$$M = 0,1 Q (d+r).$$

Затем выявляется длина рукоятки (ключа) по заданной силе воздействия (при ручном зажиме $P_{np}=150\text{Н}$) из условия равновесия гайки (винта):

$$P_{np}l = M \zeta$$

Отсюда $l = M \zeta P_{np}$.

Если длина рукоятки известна, из условия равновесия находится P_{np} , т.е. $P_{np} = M'/l$, и сравнивается с силой, прикладываемой рабочим или развиваемой механическим приводом.

Рычажные зажимные устройства (рис. 4.6) чаще всего применяются в сложных зажимных системах. С помощью рычагов можно изменять значение и направление действия сил, а также закреплять заготовки в двух местах.

Расчет рычажных устройств сводится к выявлению соотношения сил зажима Q и привода W . Для двухплечевого рычага его можно найти из условия (уравнения) равновесия - равенства нулю суммы моментов относительно оси вращения (рис. 4.16):

для схемы приведенной на рис. 4.16а это соотношение будет:

$$W=Q l_1/l_2 ;$$

для схемы приведенной на рис. 4.16б:

$$W=Q(l_1+ l_2)/l_2 ;$$

для схемы приведенной на рис. 4.16в:

$$W=Q l_1/(l_2 \cos b) .$$

Клиновые зажимные устройства используются для непосредственного зажима заготовок (реже) и в сложных зажимных системах (чаще). Эти устройства просты в изготовлении, компактны, позволяют изменять значение и направление зажимных сил, могут обладать свойством самоторможения

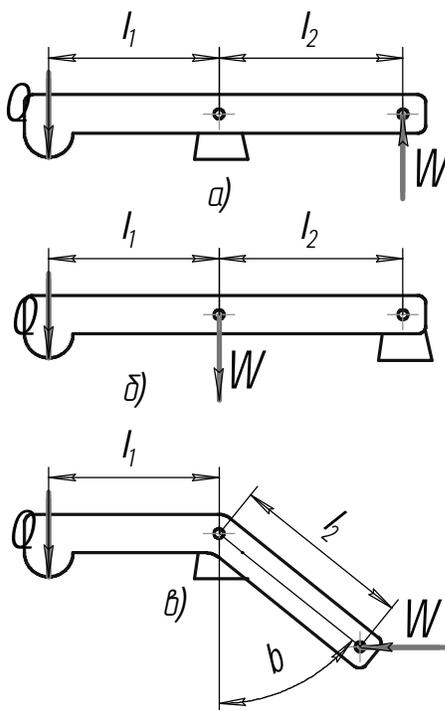


Рисунок 4.16 – Рычажные зажимные устройства

Расчет клиновых устройств сводится к определению соотношения сил привода W и зажима Q . При известном значении W обеспечиваемая клиновым механизмом сила зажима (на плунжере) W может определяться графически, аналитически и расчетом по коэффициенту усиления.

На рис. 4.17 изображен безроликовый клиноплунжерный механизм с односкосным клином 1 , имеющим рабочую поверхность (скос) под углом α и опирающимся на цилиндрическую поверхность корпуса 2 , и одноопорным

плунжером 3.

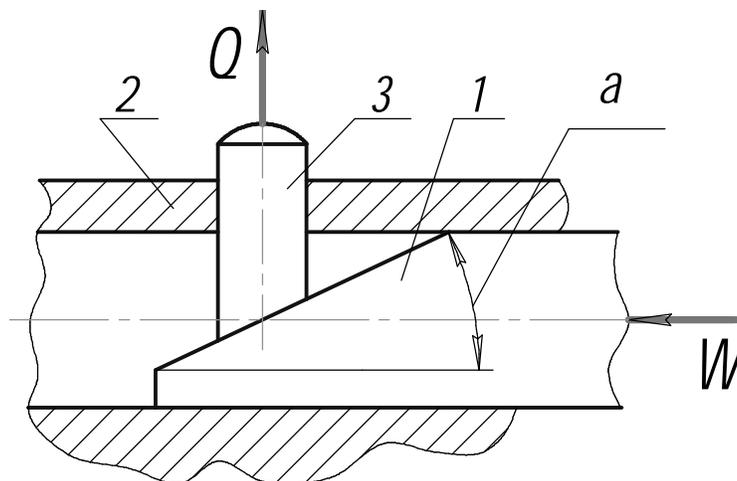


Рисунок 4.17 – Безроликовый клиноплунжерный механизм с односкосным клином

Аналитическая зависимость имеет вид:

$$W=Q \operatorname{tg}(a+2j),$$

где j - угол трения клина и плунжера в направляющих.

Самоторможение клина будет обеспечиваться при условии $a < 2j$.

При известном коэффициенте усиления k_y можно сразу находить значения $W=Qk_y$ или $Q=W/k_y$. Значения k_y и КПД клиноплунжерных механизмов справочные величины и составляют в зависимости от конструкции механизма $k_y=7,26 \dots 0,66$, КПД $0,15 \dots 0,77$.

Эксцентрик **зажимы.** Эти зажимы являются

быстродействующими, но развивают меньшую силу зажима, чем винтовые, имеют ограниченное линейное перемещение и не могут надежно работать при значительных колебаниях размеров между установочной и зажимаемой поверхностями обрабатываемых заготовок данной партии. В приспособлениях применяют круглые и криволинейные эксцентрик зажимы. Круглый эксцентрик зажим представляет собой диск или валик (рис. 4.18), поворачиваемый вокруг оси, смещенной относительно геометрической оси эксцентрика на некоторую величину "e", называемую эксцентриситетом. Для

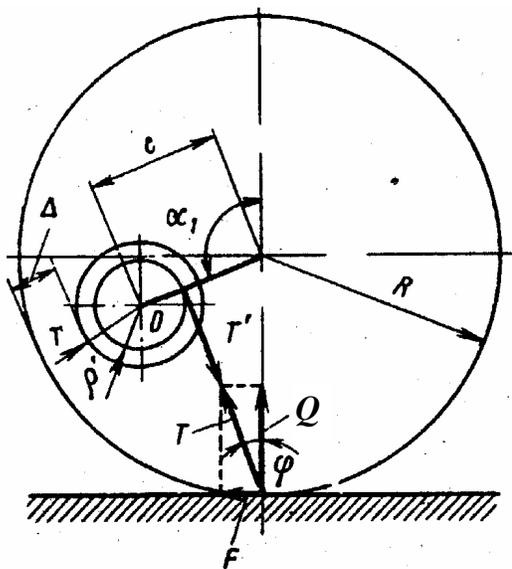


Рисунок 4.18 – Круглый эксцентрик и силы действующие на него

надежного закрепления заготовок эксцентрики должны быть самотормозящимися.

Круглые эксцентрики изготавливают из стали 20Х, цементируют на глубину 0,8-1,2 мм и затем закаливают до твердости HRC 55-60; некоторые виды круглых эксцентриков нормализованы. Из теоретической механики известно, что условие самоторможения двух трущихся тел определяется: ($j \geq a$), где j - угол трения; a - угол подъема, под которым происходит трение. Следовательно, если угол подъема эксцентрика a в определенном его положении не больше угла трения j , то эксцентрик является самотормозящимся. Самотормозящиеся эксцентрики после зажима заготовки не изменяют своего положения. Самоторможение эксцентрикых зажимов обеспечивается при определенном отношении его наружного диаметра D к эксцентриситету " e ".

Для расчета основных размеров круглого эксцентрика необходимо иметь следующие данные: d - допуск на размер обрабатываемой детали от ее установочной базы до места приложения силы зажима детали; a'_1 — угол поворота рукоятки эксцентрика от ее начального положения до момента зажима детали, град; Q — силу зажима заготовки, Н.

Если нет ограничения для угла поворота эксцентрика, то его эксцентриситет:

$$2e = s_1 + d + s_2 + Q/j_1.$$

где s_1 — зазор, обеспечивающий свободную установку заготовки под эксцентрик (обычно принимается $s_1 = 0,2 \dots 0,4$), мм; s_2 — запас хода, учитывающий неточность изготовления и износ эксцентрика и предотвращающий переход его через мертвую точку (обычно $s_2 = 0,4 \dots 0,6$), мм; d — допуск размера заготовки, мм; Q/j_1 — запас хода эксцентрика для компенсации упругих отжатий зажимного устройства, мм; Q — сила зажима, Н; j_1 — жесткость системы зажима заготовки в приспособлении (обычно $j_1 = 12000 \dots 13000$), Н/мм.

С учетом средних значений s_1 и s_2 выражение принимает вид,

$$e = d/2 + Q/2j_1 + (0,3 \dots 0,5) \text{ мм.}$$

При ограничении угла поворота α'_1 эксцентрика эксцентриситет (a'_1 значительно меньше 180°):

$$e = \frac{s_1 + d + Q/j_1}{1 + \cos \alpha'_1}$$

Радиус R наружной поверхности эксцентрика определяют из условия его самоторможения.

Рассмотрев силы, действующие на круглый эксцентрик (рис. 4.18), найдем, что равнодействующая сила T от сил зажима (реакции) Q и силы трения F должна быть равна и направлена обратно силе реакции T' со стороны цапфы эксцентрика. Сила реакции T' находится по касательной к кругу трения радиуса r' . Из рисунка получим:

$$\frac{e - r'}{R} = \sin j ,$$

где $r = 6-8^\circ$ - угол трения покоя, а R определяют из равенства $R = (e - r')/\sin j$, мм.

При $e \neq r'$

$$R_{min} = e + r + \Delta,$$

где r — радиус цапфы эксцентрика, мм; Δ — толщина перемычки, мм;
 r' — радиус круга трения, мм.

Величины r' и r определяют из равенства:

$$r' = f' r,$$

где $f' = 0,12-0,15$ — коэффициент трения покоя в цапфе эксцентрика.

Радиус цапфы эксцентрика можно определить, задаваясь ее шириной b :

$$r = Q / (2b \sigma_{см}).$$

При $b = 2r$ радиус цапфы эксцентрика:

$$r = \sqrt{\frac{Q}{4\sigma_{см}}}$$

где b - ширина эксцентрика в месте сопряжения с цапфой (осью), которую выбирают из конструктивных соображений; $\sigma_{см}$ - допустимое напряжение смятия:

$$\sigma_{см} = 0,415 \sqrt{\frac{Q \cdot E}{R \cdot B}}.$$

Для полусухих поверхностей $j = 6-8^\circ$; $f' = 0,18-0,2$. Угол поворота эксцентрика, соответствующий наименее выгодному для самоторможения эксцентрика положению,

$$a'_{\tau} = 90^\circ + j.$$

Ширина рабочей части эксцентрика:

$$B = \frac{0,0175 Q \cdot E}{R \cdot \sigma_{см}^2},$$

где E - модуль упругости материала эксцентрика, Мн/м^2 ; R — радиус наружной поверхности эксцентрика, мм; $\sigma_{см}$ - допустимое напряжение смятия, Мн/м^2 .

Условие самоторможения эксцентрикового зажима получается при $D/e > 14$. Отношение D/e называют характеристикой эксцентрика.

Размеры дискового эксцентрика e , r , R и B необходимо принимать с учетом стандарта.

Стандартные круглые эксцентрики имеют размеры $D = 32-70$ мм и $e = 1,7-3,5$ мм. Следовательно, круглые эксцентрики имеют небольшой линейный ход и их не следует применять для зажима заготовок деталей, имеющих большой допуск на размер детали в направлении ее зажима.

Достоинство круглых эксцентриков — простота их изготовления; недостатки - изменение угла подъема α и силы зажима Q при закреплении

заготовок с большими колебаниями размеров в направлении зажима.

На рис 4.19 показан нормализованный эксцентриковый прихват.

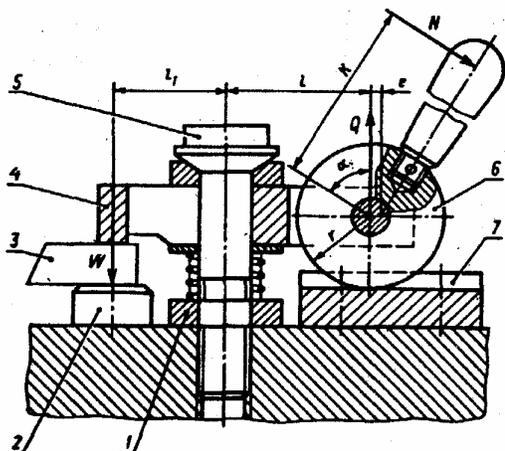


Рисунок 4.19 – Нормализованный эксцентриковый прихват

Заготовка 3 установлена на неподвижные опоры 2 и зажата планкой 4 эксцентрикового прихвата. Эксцентрик 6 с планкой 4 после разжима изготовленной детали 3 перемещается по опоре 7 вправо.

Для закрепления заготовок применяются и криволинейные эксцентрики. Криволинейные эксцентрики по сравнению с круглыми имеют следующие преимущества:

1. Большой угол поворота эксцентрика (100-150°).
2. Более постоянную силу

зажима обрабатываемых деталей.

Сила зажима эксцентриковым прихватом в 4-5 раза меньше, чем резьбовым при одинаковых длине рукоятки и исходной силе.

Цанговые зажимы. Центрирующие установочно-зажимные устройства выполняют одновременно функции установочных и зажимных элементов. Поэтому установочные элементы таких механизмов должны быть подвижными в направлении зажима, а для сохранения установочных свойств закон их относительного перемещения должен быть задан и реализован в конструкции приспособления с достаточной точностью.

Цангами называются разрезные пружинящие втулки, которые могут центрировать заготовки по внешним и внутренним цилиндрическим поверхностям. На рис. 4.20 приведены конструкции цанговых механизмов для центрирования заготовок по наружной поверхности. Продольные прорезы превращают каждый лепесток цанги в консольно закрепленную балку, которая получает радиальные упругие перемещения при продольном движении за счет взаимодействия конусов цанги и корпуса. Так как радиальные перемещения всех лепестков цанги происходят одновременно и с одинаковой скоростью, то механизм приобретает свойство самоцентрирования. Число лепестков цанги зависит от ее рабочего диаметра d и профиля заготовок (рис. 4.20 в). При $d \leq 30$ мм цанга имеет три лепестка, при $30 < d < 80$ мм — четыре, при $d \geq 80$ мм — шесть лепестков. Для сохранения работоспособности цанги деформация ее лепестков не должна выходить за пределы упругой зоны. Это определяет повышенные требования к точности выполнения диаметра базовой поверхности заготовки, который должен быть выполнен не грубее 9-го качества точности.

Каждый лепесток цанги представляет собой односкосный клин (рис. 4.20а, б, г). Поэтому для приближенного расчета силы тяги (привода) W цанги можно пользоваться формулами для расчета клина. Но рассчитанная

таким образом сила тяги не будет полностью соответствовать фактически потребной силе W , так как она должна затрачиваться и на деформацию лепестков цанги на величину y , равную половине зазора между цангой и заготовкой.

Силу тяги (привода) цанги W при работе без упора можно определять по формуле

$$W = (Q + Q') [tg(a + j_1)],$$

где Q — потребная сила зажима заготовки, Н; Q' — сила сжатия лепестков цанги необходимая для выбора зазора между ее губками и заготовкой, Н; a — половина угла конуса цанги, град; j_1 — угол трения в стыке конических поверхностей цанги и корпуса, град.

Силу Q' можно найти из рассмотрения зависимости прогиба консольно закрепленной балки (лепестка) с вылетом l (рис. 4.8г):

$$y = Q' l^3 / (3EI).$$

Тогда для всех лепестков

$$Q' = n(3EIy/l^3),$$

где E — модуль упругости материала цанги (можно принимать для стальных цанг $E = 2 \cdot 10^5 \dots 2,2 \cdot 10^5$ МПа); I — момент инерции сектора сечения (тонкого кольца) цанги в месте заделки лепестки, мм⁴; y — стрела прогиба лепестка, мм; $y = s/2$ (здесь s — радиальный зазор между цангой и заготовкой); n — число лепестков цанги; l — длина (вылет) лепестка цанги от места заделки до середины конуса, мм.

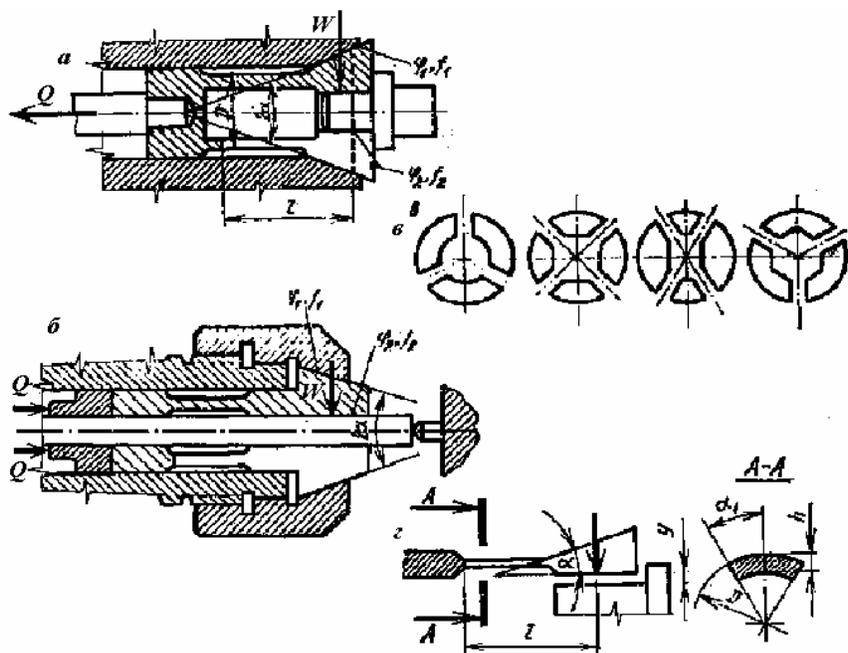


Рисунок 4.20 – Цанговые механизмы (а - с цангой работающей при зажиме на растяжение; б- с цангой работающей на сжатие; в- разновидности цанг в зависимости от профиля зажимаемой заготовки; г- расчетная схема)

Момент инерции сектора сечения лепестка цанги (рис. 4.8г) определяется по формуле

$$I = \frac{D^3 h}{8} \left(a_1 + \sin a_1 \cdot \cos a_1 - \frac{2 \sin^2 a_1}{a_1} \right),$$

где D — наружный диаметр поверхности лепестка в месте сечения, мм; h — толщина стенки лепестка, мм; a_1 —половина угла сектора лепестка цанги, рад.

Если принять $E=2,2 \cdot 10^5$ МПа и $y=s/2$, то расчет $Q\zeta$ можно вести по формулам:

для трехлепестковой цанги

$$Q\zeta = 600(sD^3 h/l^3);$$

для четырехлепестковой цанги

$$Q\zeta = 200(sD^3 h/l^3).$$

При наличии осевого упора сила тяги (привода)

$$W = (Q + Q') [tg(a + j_1) + tgj_2],$$

где φ_2 — угол трения в контакте между цангой и заготовкой.

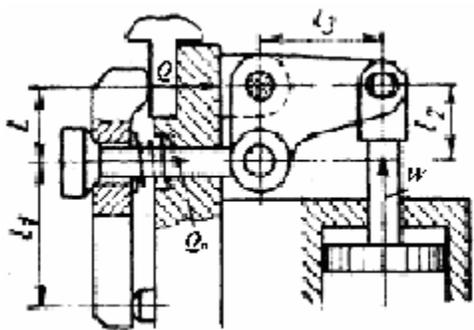
Рассчитывать W можно по коэффициенту усиления, т. е.

$$W = (Q + Q_0) k_y,$$

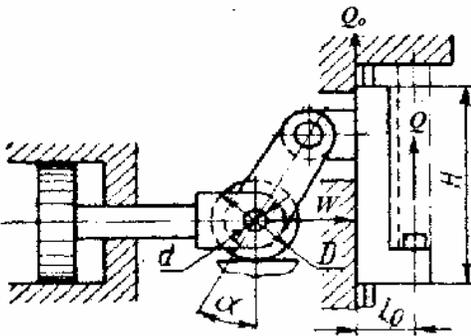
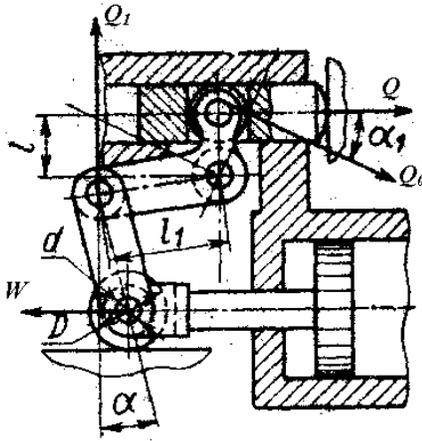
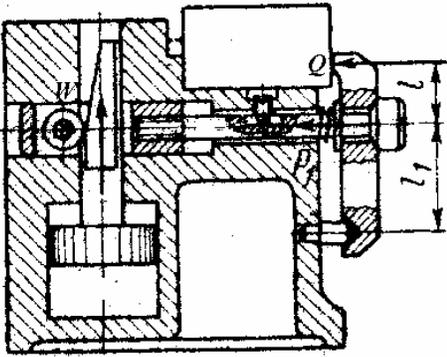
где k_y - коэффициент усиления (передаточное отношение сил).

Примеры комбинированных зажимных механизмов приведены и формулы для расчета усилия на приводе в табл. 4.1.

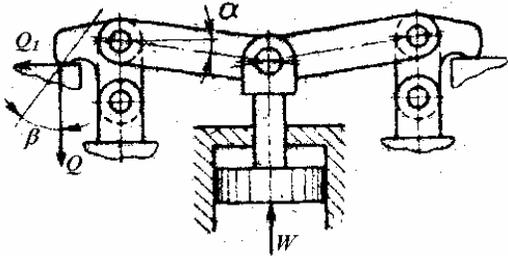
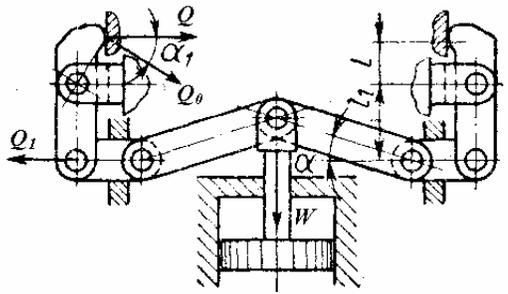
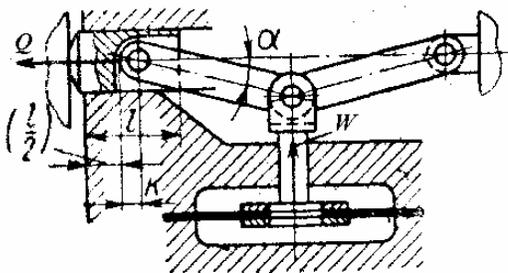
Таблица 4.1 - Комбинированные зажимные механизмы

Схема механизма	Формула
1	2
	$W = \left(Q \frac{l+l_1}{l_1} + q \right) \frac{l_2}{l_3} \cdot \frac{1}{h}$ <p>или</p> $W = Q_0 \frac{l_2}{l_3} \cdot \frac{1}{h},$ <p>где</p> $Q_0 = Q \frac{l+l_1}{l_1} + q.$

Продолжение табл. 4.1

1	2
	$W = Q_0 \left[\operatorname{tg}(a + b) + \frac{d}{D} \operatorname{tg} j \right],$ <p>где</p> $Q_0 = Q \frac{1}{1 - \frac{3l_0}{H} f_2},$ <p>где b - дополнительный угол, учитывающий потери от трения в осях; j - угол трения на опорной поверхности ролика; f_2 - коэффициент трения на направляющей поверхности ползуна</p>
	$W = Q \left[\operatorname{tg}(a + b) + \frac{d}{D} \operatorname{tg} j \right] \frac{l}{l_1} \cdot \frac{1}{h}$ <p>или</p> $W = Q_1 \left[\operatorname{tg}(a + b) + \frac{d}{D} \operatorname{tg} j \right],$ <p>где</p> $Q_1 = Q \frac{l_2}{l_3} \cdot \frac{1}{h}.$ <p>При заданном усилии Q_0</p> $W = Q_0 \left[\operatorname{tg}(a + b) + \frac{d}{D} \operatorname{tg} j \right] \frac{l}{l_1} \cdot \frac{\cos a}{h}.$
	$W = \left(Q \frac{l}{l_1 h} + q \right) \left[\operatorname{tg}(a + j_{1np}) + \operatorname{tg} j_2 \right] \frac{1}{h}$ <p>или</p> $W = P_1 \left[\operatorname{tg}(a + j_{1np}) + \operatorname{tg} j_2 \right] \frac{1}{h},$ <p>где</p> $P_1 = Q \frac{l}{l_1 h} + q,$ <p>где j_{1np}, j_{2np} - углы трения, соответственно в направляющей толкателя и в направляющей клина.</p>

Продолжение табл.4.1.

1	2
	$W = 2Q \cdot \operatorname{tg}(a + b) \operatorname{tga}_1$ <p>или</p> $W = 2Q_1 \cdot \operatorname{tg}(a + b),$ $Q_1 = \operatorname{tga}_1$ <p>где b - дополнительный угол трения, учитывающий потери от трения в осях.</p>
	$W = 2Q \frac{l}{l_1} \operatorname{tg}(a + b) \frac{1}{h}$ <p>или</p> $W = 2Q_1 \operatorname{tg}(a + b),$ <p>где</p> $Q_1 = Q \frac{l}{l_1} \cdot \frac{1}{h}.$ <p>При заданном усилии Q_0</p> $W = 2Q_0 \frac{l}{l_1} \cos a_1 \cdot \operatorname{tg}(a + b) \frac{1}{h}.$
	$W = \frac{2Q}{\operatorname{ctg}(a + b) - \operatorname{tg}j_3 \frac{2k}{l}},$ <p>где k - расстояние от оси шарнира ползуна до середины направляющей поверхности ползуна; j_3 - угол трения на направляющей поверхности ползуна.</p>

Примечания: q - усилие сжатия пружины; η - коэффициент полезного действия механизма.

4.5 Приводы приспособлений

Материал, изучаемый в этом разделе, изложен в [6-8].

Основным назначением силового привода в приспособлении является создание исходной силы тяги W , необходимой для зажима заготовки силой Q . В приспособлениях используют следующие приводы: пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, электрические, электромагнитные, магнитные, вакуумные, центробежно-инерционные, от сил резания (энергия привода главного движения станка), от движущихся частей станка.

Пневматические приводы. Силовые пневматические приводы состоят из пневмодвигателей, пневматической аппаратуры и воздухопроводов.

Пневматические силовые приводы разделяют по виду пневмодвигателя на пневматические цилиндры с поршнем и пневматические камеры с диафрагмами.

По способу компоновки с приспособлениями поршневые и

диафрагменные пневмоприводы разделяют на встроенные, прикрепляемые и универсальные. Встроенные пневмоприводы размещают в корпусе приспособления и составляют с ним одно целое. Прикрепляемые пневмоприводы устанавливают на корпусе приспособления, соединяют с зажимными устройствами, их можно отсоединять от него и применять на других приспособлениях. Универсальный (приставной) пневмопривод — это специальный пневмоагрегат, применяемый для перемещения зажимных устройств в различных станочных приспособлениях.

Пневматические поршневые и диафрагменные пневмодвигатели бывают одно- и двустороннего действия. Пневмоприводы по виду установки делятся на невращающиеся и вращающиеся.

Замена в станочных приспособлениях ручных зажимов механизированными (пневматическими) дает большие преимущества:

1. Значительное сокращение времени на зажим и разжим (в 4-8 раз) вследствие быстроты действия (0,5-1,2 с) пневмопривода.
2. Постоянство силы зажима заготовки в приспособлении.
3. Возможность регулирования силы зажима детали.
4. Простота управления зажимными устройствами приспособлений.
5. Бесперебойность работы пневмопривода при изменениях температуры воздуха в окружающей среде.

Недостатки пневматического привода:

1. Недостаточная плавность перемещения рабочих элементов, особенно .при переменной нагрузке;
2. Небольшое давление сжатого воздуха в полостях пневмоцилиндра и пневмокамеры (0,4-0,5 МПа);
3. Относительно большие размеры пневмоприводов для получения значительных сил на штоке пневмопривода.

Источником энергии, приводящей в действие пневматические приводы, является сжатый воздух.

Пневматические поршневые приводы. При расчете пневмоприводов определяют осевую силу на штоке поршня, зависящую от диаметра пневмоцилиндра и давления сжатого воздуха в его полостях. Можно по заданной силе на штоке поршня и давлению сжатого воздуха определить диаметр пневмоцилиндра. В приспособлениях с пневмоприводом следует определять время его срабатывания. Расчет осевой силы W на штоке поршневого одностороннего привода производится по следующей формуле:

$$W = \frac{p \cdot D^2 \cdot p \cdot h}{4} - cx .$$

Для пневмоцилиндров двустороннего действия при давлении сжатого воздуха на поршень в бесштоковой полости:

$$W = \frac{p \cdot D^2 \cdot p \cdot h}{4} ,$$

и штоковой полости:

$$W = \frac{p \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot h}{4}$$

где D – диаметр пневмоцилиндра (поршня); d – диаметр штока поршня; p – давление сжатого воздуха; h – к.п.д., учитывающий потери в пневмоцилиндре, $\eta=0,85-0,9$; cx – сила сопротивления возвратной пружины в конце рабочего хода поршня.

Возвратная пружина на штоке при ее определенном сжатии (в конце рабочего хода поршня) должна оказывать сопротивление от 5% при больших до 20% при малых диаметрах пневмоцилиндра от силы W на штоке пневмоцилиндра в момент зажима детали в приспособлении.

Практически применяют следующие размеры диаметров D рабочих полостей цилиндров: 80, 100, 125, 200, 250, 320, 400 мм.

Определим диаметр пневмоцилиндра двустороннего действия по заданной силе W и давлению сжатого воздуха p при подаче воздуха в поршневую полость:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{W}{p \cdot \eta}}$$

При подаче в штоковую полость

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot W}{p \cdot \eta} + d^2}$$

Для пневмоцилиндров одностороннего действия при подаче воздуха в поршневую полость

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{(W + cx)}{p \cdot h}}$$

Найденный размер диаметра пневмоцилиндра округляют по нормали и по принятому диаметру определяют диаметр штока $d_{шт}$ (при выполнении расчетов принимают $d_{шт} = 0,25 D$), действительную осевую силу W на штоке.

Параметры стационарных пневмоцилиндров оговариваются ГОСТ15608-81.

Стационарные пневмоцилиндры. Стационарными называют пневмоцилиндры, корпус которых жестко закреплен на приспособлении. Они предназначены для механизации и автоматизации станочных приспособлений. Стационарные пневмоцилиндры двустороннего действия стандартизованы ГОСТ15608-70.

По способу крепления к приспособлениям пневмоцилиндры подразделяют на четыре типа (рис 4.21).

- с удлиненными стяжками;
- с фланцевым креплением;
- с лапками;

– с шарнирным креплением.

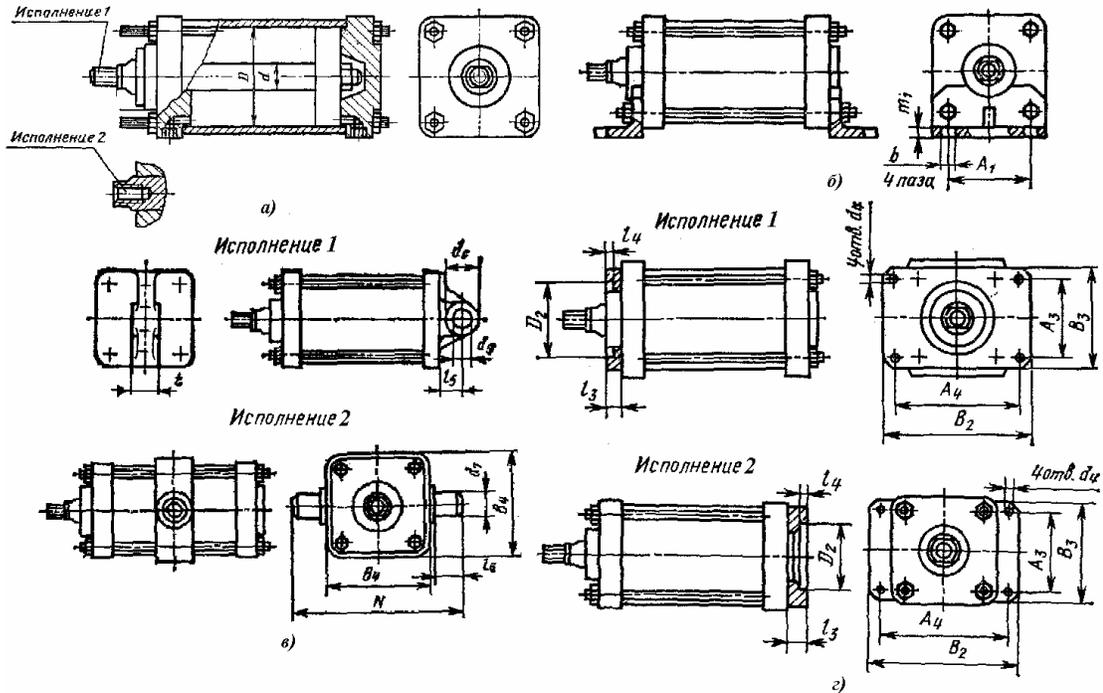


Рисунок 4.21 – Стационарные пневмоцилиндры (а- с удлиненными стяжками; б – с лапками; в - с шарнирным креплением; г - с шарнирным креплением)

На рис. 4.22 показан стационарный пневмоцилиндр, который крепится к корпусу приспособления удлиненными стяжками. Уплотнения применяют в месте сопряжения поршня с корпусом цилиндра и на штоке; они осуществляются резиновыми уплотнениями V-образного сечения, кольцами круглого сечения и угловыми воротниковыми манжетами.

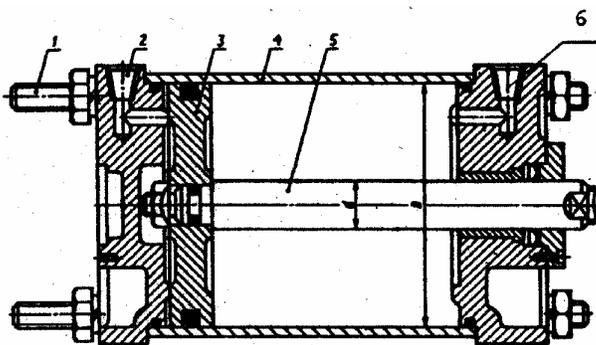


Рисунок 4.22 – Стационарный пневмоцилиндр (1 – стяжки; 2 – задняя крышка; 3 – поршень; 4 – гильза; 5 – шток; 6 – передняя крышка)

Сжатый воздух подается в полости цилиндра через штуцеры, которые завинчены в резьбовые конические отверстия в крышках 2 и 6.

Пневмоцилиндры вращающиеся.

На вращающиеся пневмоцилиндры двустороннего действия имеются нормали, в которых дается два типа цилиндров: одинарные и сдвоенные.

Пневмоцилиндры с помощью воздухоподводящих муфт соединяются с сетью подачи сжатого воздуха.

На рис. 4.23 а, б показаны вращающийся нормализованный пневмоцилиндр и воздухоподводящая муфта. Поршень и шток пневмоцилиндра через промежуточные звенья перемещают кулачки патрона

токарного станка при зажиме и разжиме. Пневмоцилиндр установлен на заднем конце шпинделя станка и вращается вместе с ним. На корпусе 5 пневмоцилиндра винтами закреплена крышка 6. Внутри корпуса 5 размещен поршень 4 со штоком 3. В корпусе установлен валик 2, закрепленный гайкой 1, на котором смонтирована воздухоподводящая муфта М на шарикоподшипнике 9 с манжетой 11. Манжеты фиксируются упорными шайбами 8 и кольцами 10 с отверстиями для прохода сжатого воздуха.

В отверстие валика 2 запрессован пустотелый стержень 12, по которому проходит воздух в пневмоцилиндр. Корпус 7 воздухопроводящей муфты М прикреплен к крышке и установлен на шарикоподшипнике 9. В резьбовые отверстия завинчиваются штуцеры для присоединения резиноканевых шлангов, подводящих сжатый воздух. Сжатый воздух, подводимый к левому отверстию муфты М, проходит по каналам а, б, в, г, поступает в правую полость пневмоцилиндра и, нажимая на поршень 4, перемещает его со штоком 3 влево. Сжатый воздух, подводимый к правому отверстию муфты М, проходит по каналам д, е, ж, поступает в правую полость пневмоцилиндра и перемещает поршень со штоком вправо. Чтобы не было просачивания сжатого воздуха из одной полости цилиндра в другую, на поршне устанавливают уплотнения из маслостойкой резины.

Утечке сжатого воздуха из пневмоцилиндра в атмосферу препятствуют установленные в корпусе 5 и крышке 6 резиновые уплотнения и прокладки между корпусом и крышкой, а утечке воздуха из воздухоприемной муфты М — уплотняющие манжеты 11.

При движении поршня со штоком влево шток через тягу и промежуточные звенья патрона перемещает кулачки к центру и заготовка зажимается. Во время движения поршня со штоком вправо, шток через тягу и промежуточные звенья патрона разводит кулачки и деталь освобождается.

Уплотнения пневмоцилиндров. Основным условием работы пневмоцилиндра является его полная герметичность. Пневмоцилиндр герметичен, если сжатый воздух, поступающий в его полости, не утекает в атмосферу и не просачивается из одной полости в другую. Для герметизации пневмоцилиндров применяют уплотнения кольцевых зазоров в сопряжениях поршней с цилиндрами, штоков с отверстиями.

В пневмоцилиндрах применяют три типа уплотнителей:

- манжеты V-образного сечения из маслостойкой резины для уплотнения поршней и штоков пневмоцилиндров;
- кольца круглого сечения из маслостойкой резины для уплотнения поршней и штоков пневмоцилиндров;
- уголково-воротниковые манжеты из маслостойкой резины соответствующих размеров.

К пневматическим цилиндрам предъявляют следующие технические требования, они должны быть:

- герметичны и не допускать утечки сжатого воздуха при давлении воздуха $p=0,63$ МПа;
- проверены на прочность при давлении сжатого воздуха $p=1$ МПа;

- проверены на работоспособность; перемещение поршня со штоком из одного крайнего положения в другое в диапазоне рабочих давлений должно происходить плавно, без рывков;
- обеспечивать осевую силу, развиваемую поршнем со штоком цилиндра при его перемещении с давлением сжатого воздуха $p=0,63$ МПа, не менее 85% от расчетной силы W ;
- обеспечивать герметичность:
 - для цилиндров с уплотнением поршня манжетами не менее 400000 двойных ходов при длине хода, равной двум диаметрам цилиндра;
 - для цилиндров с уплотнением поршня кольцами круглого сечения не менее 150000 двойных ходов.

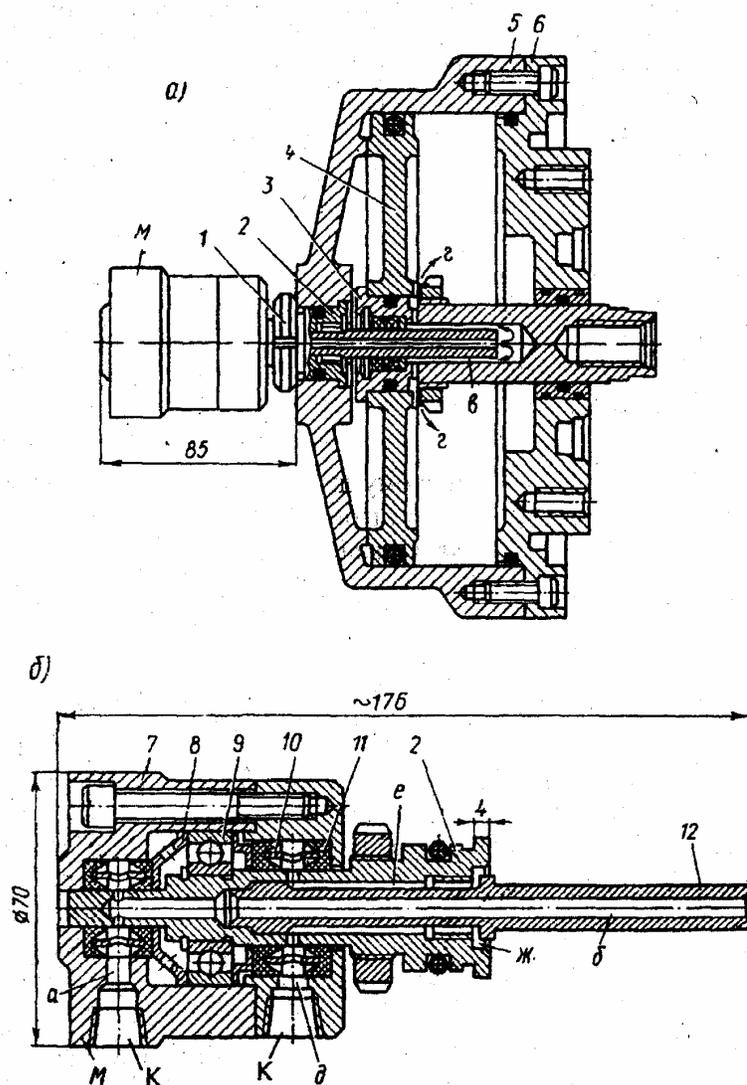


Рисунок 4.23 – Вращающийся пневмоцилиндр (а) и муфта для подвода воздуха

При применении V-образных манжет сопряжение поршня с цилиндром производится с посадкой $H11/d11$, с шероховатостью поверхности цилиндра

$Ra=1,25$ мкм. В случае использования колец круглого сечения осуществляют посад $H7/f7$, с шероховатостью цилиндра $Ra=0,32$ мкм.

Диафрагменные пневмоприводы (пневмокамеры). Пневмокамеры с упругими диафрагмами бывают одно и двустороннего действия.

В зависимости от способа компоновки с приспособлениями пневмокамеры подразделяют на универсальные, встраиваемые и прикрепляемые. На рис. 4.24 показана нормализованная пневмокамера одностороннего действия с тарельчатой (выпуклой) диафрагмой, служащая для перемещения зажимных устройств при закреплении и раскреплении в стационарных приспособлениях. Пневмокамера

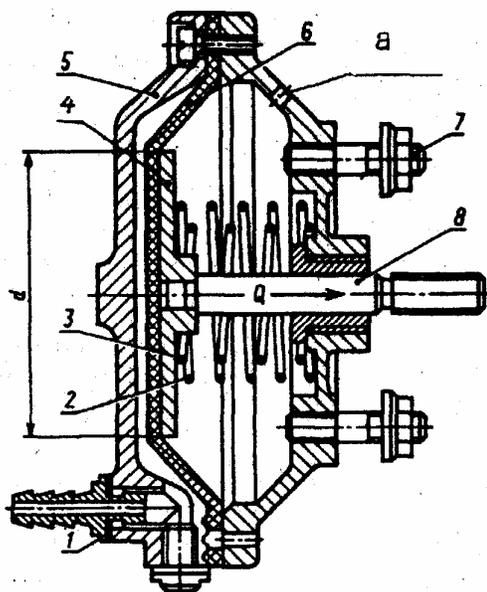


Рисунок 4.24 – Пневмокамера одно-стороннего действия

состоит из корпуса 5 и крышки; между ними винтами зажата тарельчатая резиноканевая диафрагма 6, жестко прикрепленная к стальному диску 4, установленному на штоке 8. От распределительного крана сжатый воздух через штуцер 1 поступает в поршневую полость пневмокамеры и перемещает диафрагму 6 с диском и штоком вправо. При этом шток через тягу и промежуточные звенья перемещает зажимные устройства

приспособления и заготовка закрепляется. Во время перемещения диафрагмы вправо воздух из штоковой полости через отверстие "а" уходит в атмосферу.

После обработки сжатый воздух из бесштоковой полости через распределительный кран выпускается в атмосферу. Пружины 2 и 3 отводят диафрагму с диском и штоком влево, зажимные устройства расходятся, и заготовка раскрепляется. Пневмокамера крепится к корпусу приспособления шпильками 7.

На рис 4.25 приведена нормализованная пневмокамера двустороннего действия, применяемая для перемещения зажимных элементов приспособления в стационарных условиях.

Корпус пневмокамеры состоит из двух крышек 1, между которыми винтами зажата тарельчатая резиноканевая диафрагма 2, жестко закрепленная кольцом с заклепками на стальном диске 3, который сидит на шейке штока и закреплен корончатой гайкой. Сжатый воздух через штуцер в отверстия "а" подается в бесштоковую полость пневмокамеры и перемещает диафрагму 2 с диском 3 и штоком 4 вправо. При этом шток через промежуточные звенья перемещает зажимные устройства приспособления и заготовка зажимается.

После обработки сжатый воздух через штуцер в отверстии "б" поступает в штоковую полость пневмокамеры и перемещает диафрагму 2 со штоком 4 в исходное положение. При этом шток через промежуточные звенья раздвигает зажимные элементы приспособления и деталь освобождается. В это время воздух из бесштоковой полости через штуцер в отверстии "а" поступает в распределительный кран и уходит в атмосферу. Пневмокамера крепится к корпусу приспособления шпильками 5.

Корпус и крышку камеры одностороннего действия изготавливают из серого чугуна, алюминиевого сплава или штампуют из стали.

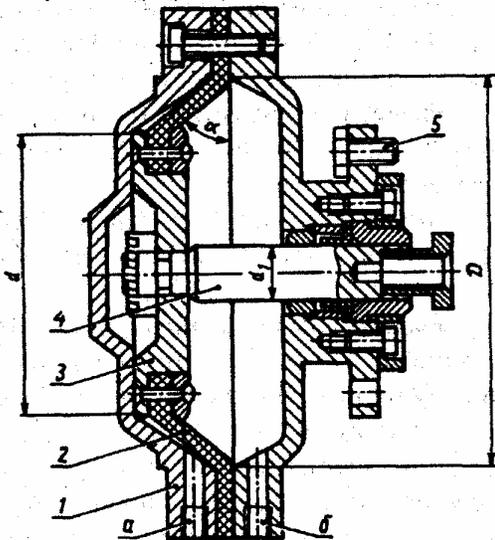


Рисунок 4.25 – Пневмокамера двухстороннего действия

Тарельчатые диафрагмы изготавливают в пресс-формах из четырехслойной ткани бельтинг, с обеих сторон покрытой маслостойкой резиной. Плоские диафрагмы изготавливают из листовой технической резины по ГОСТу.

Расчетные диаметры D диафрагм выбирают из ряда: 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500 мм. Толщину диафрагмы h выбирают в зависимости от ее диаметра D : $h=4-8$ мм.

Диаметр d опорных дисков принимают для резиноканевых диафрагм $d=0,7D$ мм; для резиновых диафрагм $d=D-2h-(2-4)$ мм.

Расчет диафрагменных пневмоприводов.

Основными величинами, определяющими работу

пневмокамеры, является сила W на штоке и длина рабочего хода штока.

В пневмокамерах усилие на штоке меняется при перемещении штока от исходного положения в конечное. Оптимальная длина хода штока пневмокамеры, при котором сила W изменяется незначительно, зависит от расчетного диаметра D диафрагмы, ее толщины h , материала, формы и диаметра d опорного диска диафрагмы.

Если перемещать шток пневмокамеры на всю длину рабочего хода, то в конце хода штока вся энергия сжатого воздуха будет расходоваться на упругую деформацию диафрагмы, и полезное усилие на штоке снизится до нуля. Поэтому используют не всю длину рабочего хода штока диафрагмы, а только ее часть, чтобы сила на штоке в конце хода составляла 80-85% силы при исходном положении штока.

На рис. 4.26, а, б, в представлены рациональные длины ходов штока от исходного до конечного положения. Приблизительно сила W на штоке пневмокамер одностороннего и двухстороннего действия для тарельчатых (выпуклых) и плоских диафрагм из прорезиненной ткани при подаче воздуха в поршневу полость:

в исходном положении штока

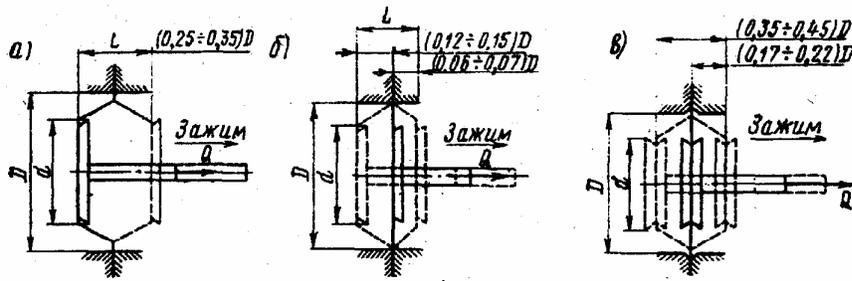


Рисунок 4. 26 – Оптимальные длины ходов штока от исходного до конечного положения (а- тарельчатой резинотканевой диафрагмы из ткани «бельтинг»; б – плоской резинотканевой диафрагмы; в - плоской резиновой диафрагмы)

$$W = \frac{p \cdot (D + d)^2 \cdot p}{16} - W_1;$$

после перемещения штока на длину $0,3D$ для тарельчатых и $0,07D$ для плоских диафрагм:

$$W = \frac{0,75 \cdot p \cdot (D + d)^2 \cdot p}{16} - W_1.$$

Сила W на штоке пневмокамеры для плоских резиновых диафрагм при подаче сжатого воздуха в поршневую полость:

- в начальном положении штока

$$W = \frac{p \cdot d^2 \cdot p}{16} - W_1;$$

- в положении штока после перемещения на длину $0,22D$;

$$W = \frac{0,9 \cdot p \cdot d^2 \cdot p}{16} - W_1.$$

Оптимальная длина хода штока пневмокамеры одностороннего действия от исходного до конечного положения штока:

- для тарельчатой резинотканевой диафрагмы $L = (0,25 - 0,35)D$;

- для плоской резинотканевой диафрагмы $L = (0,18 - 0,22)D$.

Приблизительно сила W на штоке диафрагменной пневмокамеры двустороннего действия для тарельчатых (выпуклых) и плоских резинотканевых диафрагм при подаче сжатого воздуха в штоковую полость: в исходном положении штока

$$W = \frac{p \cdot [(D + d)^2 - d_1^2] \cdot p}{16};$$

- после перемещения штока на длину $0,3D$ для тарельчатых и $0,07D$ для плоских резиноканевых диафрагм;

$$W = \frac{0,75 \cdot p \cdot [(D+d)^2 - d_1^2] \cdot p}{16},$$

где D — диаметр диафрагмы внутри пневмокамеры; d — диаметр опорного диска диафрагмы; p - давление сжатого воздуха; W_1 — сопротивление (сила) возвратной пружины при конечном рабочем положении штока; d_1 — диаметр штока, см.

Пневмокамеры по сравнению с пневмоцилиндрами имеют ряд преимуществ:

1. Более просты по конструкции и стоят дешевле.
2. Требуют меньшей точности изготовления и чистоты обработанной поверхности.
3. При нормальных условиях эксплуатации диафрагменные пневмокамеры выдерживают до износа 500000 включений, а уплотнения деталей пневмоцилиндра - значительно меньше.
4. У пневмокамер одностороннего действия отсутствует утечка воздуха, а у пневмокамер двустороннего действия уплотнения применяют только на штоке.

Недостатками пневмокамер являются небольшая величина перемещения диафрагмы со штоком и уменьшение усилия на штоке пневмокамеры при его перемещении из исходного в конечное положение. Пневмокамеры применяют в тех случаях, когда требуется небольшой ход штока и меньшая осевая сила на штоке пневмокамеры.

Гидроцилиндры В станочных приспособлениях используются гидроцилиндры ОСТ 2 Г22-3-86 (рис. 4.27). Предусматривается крепление гидроцилиндров в корпусе приспособления или по наружной резьбе или по резьбовому отверстию в нижней крышке. Гидроцилиндры могут быть односторонними и двухсторонними, со сплошным и с полым штоком.

Цилиндры одностороннего действия изготавливают из стали 40Х, а цилиндры двустороннего действия — из холоднокатаных бесшовных труб. Поршень изготавливают заодно со штоком или отдельно из стали 40. Наружные поверхности поршня и штока изготавливаются по 7 качеству точности с посадкой с зазором и шероховатостью $Ra=0,32$ мкм.

В качестве уплотнений в соединениях поршней с цилиндрами и штоков с крышками применяют кольца круглого сечения из маслостойкой резины.

Сила на штоке для гидроцилиндров одностороннего действия :
толкающих

$$W = \frac{p \cdot D^2 \cdot p \cdot h}{4} - W_1;$$

тянущих

$$W = \frac{p \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot h}{4} - W_1.$$

Для гидроцилиндров двустороннего действия при подаче масла:

в поршневую полость

$$W = \frac{p \cdot D^2 \cdot p \cdot h}{4}$$

в штоковую полость

$$W = \frac{p \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot h}{4}$$

где D - диаметр поршня гидроцилиндра, см; p - давление масла на поршень, $p = 4 \dots 6,3$ МПа ; h - к.п.д. гидроцилиндра, $\eta = 0,85-0,93$; W_1 - сила сопротивления сжатой пружины при крайнем рабочем положении поршня; d - диаметр штока.

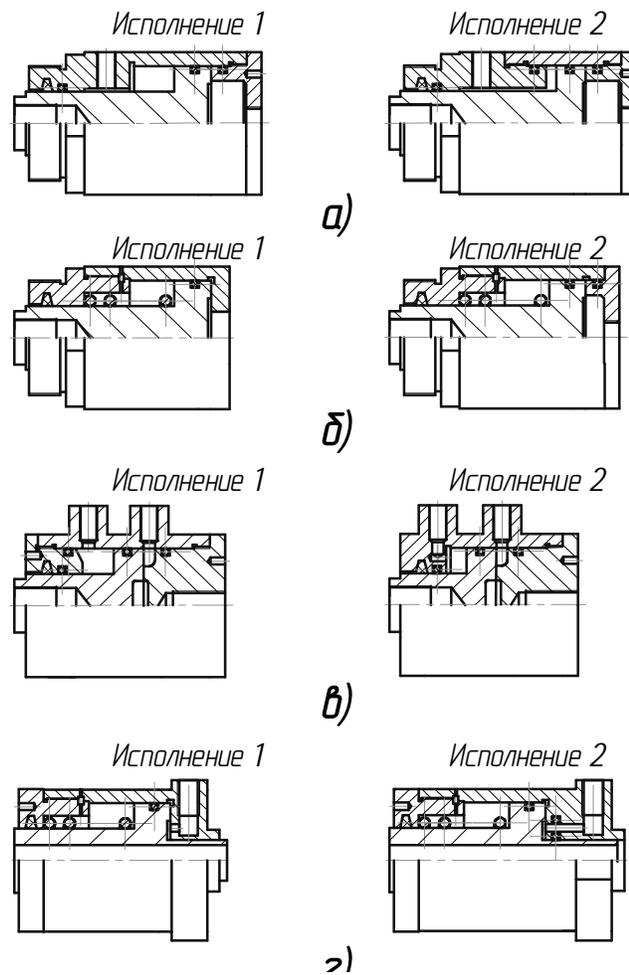


Рисунок 4.27 – Гидроцилиндры (а – двухсторонние, с креплением по наружной резьбе; б – односторонние, с креплением по наружной резьбе; в–двухсторонние, с креплением по резьбовому отверстию; г - односторонние, с полым штоком)

При выполнении расчетов принимают $d = 0,5 D$.

Зная силу и задаваясь давлением масла, определяют диаметр поршня: для цилиндра одностороннего действия при подаче масла в поршневую полость:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{W + W_1}{p \cdot h}},$$

в штоковую полость

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{W + W_1}{p \cdot h} + d^2},$$

Для гидроцилиндров двустороннего действия при подаче масла:
в поршневую полость

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{W}{p \cdot h}},$$

в штоковую полость

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{W}{p \cdot h} + d^2}.$$

По сравнению с пневматическими гидравлические приводы имеют ряд преимуществ:

1. Высокое давление масла на поршень гидроцилиндра создает большую осевую силу на штоке поршня.
2. Вследствие высокого давления масла в полостях гидроцилиндра можно уменьшить размеры и вес гидроцилиндров.
3. Возможность бесступенчатого регулирования сил зажима и скоростей движения поршня со штоком.

К недостаткам гидравлических приводов относятся:

1. Сложность гидроустановки и выделение площади для ее размещения;
2. Утечки масла, ухудшающие работу гидропривода.

Механогидравлические приводы. В приспособлениях, требующих больших сил зажима детали, применяют ручные Механогидравлические приводы, которые состоят из ручного винтового зажима и гидравлического цилиндра (рис. 4.28). Во время поворота рукоятки 1 винт 2 через плунжер 8 вытесняет масло из резервуара 3 в нижнюю полость цилиндра 4. При этом поршень 7 со штоком 5 перемещается вверх и шток через промежуточные звенья зажимает деталь. После обработки детали, вращая рукоятку 1, отводят винт 2 вправо. Возвратная пружина 6 перемещает шток с поршнем вниз, и деталь разжимается.

Сила на штоке гидроцилиндра механогидравлического привода

$$Q = \frac{PL}{r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} \cdot \frac{D^2}{d^2} \eta - Q_1$$

где Q —сила на штоке; P —сила, прикладываемая рабочим к рукоятке винта; L —расстояние от точки приложения силы до оси винта; r_{cp} — средний радиус резьбы винта; D —диаметр поршня гидроцилиндра; d —диаметр штока-плунжера; α —угол подъема резьбы, $\alpha=2,5^\circ - 3,5^\circ$; j —угол трения в резьбовом соединении, $j=6,5^\circ$; $h=0,9$ —коэффициент, учитывающий трение в уплотнениях; Q_1 —сила сопротивления возвратной пружины.

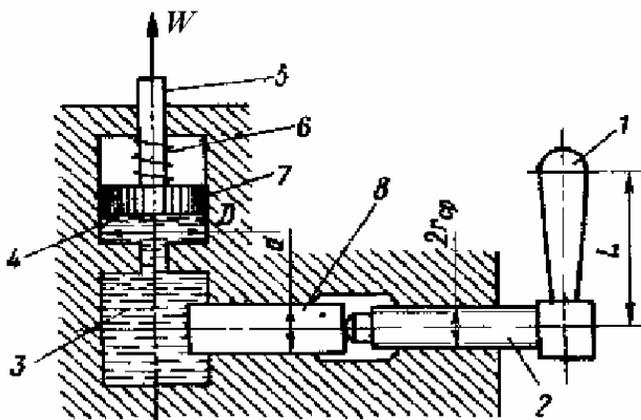


Рисунок 4.28 – Схема механогидравлического привода

Электромеханический привод применяют для перемещения зажимных устройств приспособления при зажиме и разжиме деталей, обрабатываемых на токарно-револьверных, фрезерных, агрегатных станках и автоматических линиях. Приспособления-спутники для установки деталей, обрабатываемых на автоматических линиях, имеют винтовые зажимы, вращаемые от электроключей.

Электромеханический привод состоит из электродвигателя, редуктора и винтовой пары. На рис. 4,29, а дана схема зажимного устройства с электромеханическим приводом для вращающегося приспособления. От мотора 1 вращение через редуктор 2 и муфту 3 с зубьями на торцах передается на винт 4, который перемещает вправо или влево гайку 5, связанную со штоком 6. Во время перемещения штока 6 влево втулка 7, жестко закрепленная на его конце, поворачивает на оси рычаг 8, горизонтальное плечо которого передвигает кулачки 9 патрона к центру, и деталь 10 зажимается. При реверсировании вращения ротора электродвигателя 1 шток 6 движется вправо, втулка 7 поворачивает рычаг 8 на оси, горизонтальное его плечо переместит кулачки 9 от центра и деталь 10 разожмется. Когда достигнута заданная сила зажима детали, правая часть муфты 3, установленная на штоке, преодолевает сопротивление пружины и отжимается вправо, но вследствие трапециевидной формы зубьев проскальзывает. Пружина служит для регулирования величины передаваемого муфтой 3 крутящего момента $M_{кр}$.

На рис. 4.29, б дана схема электромеханического привода без муфты для перемещения зажимных устройств в стационарном приспособлении. От электродвигателя 1 вращение через редуктор 2 передается зубчатому колесу 3, свободно сидящему на валу 4. Внутри зубчатого колеса 5 имеется выступ

10, который зацепляется с выступом 11 на валу 4. В зависимости от направления вращения вал 4 резьбовым концом перемещает гайку 5 со штоком 6 вправо при разжиме деталей 8 прихватом 9 и влево – при зажиме деталей. При зажиме деталей прихватом с требуемой силой момент на валу электродвигателя и сила тока значительно возрастают. В это время реле тока выключит электродвигатель.

При разжиме деталей 8 выключение электродвигателя производится путевым выключателем.

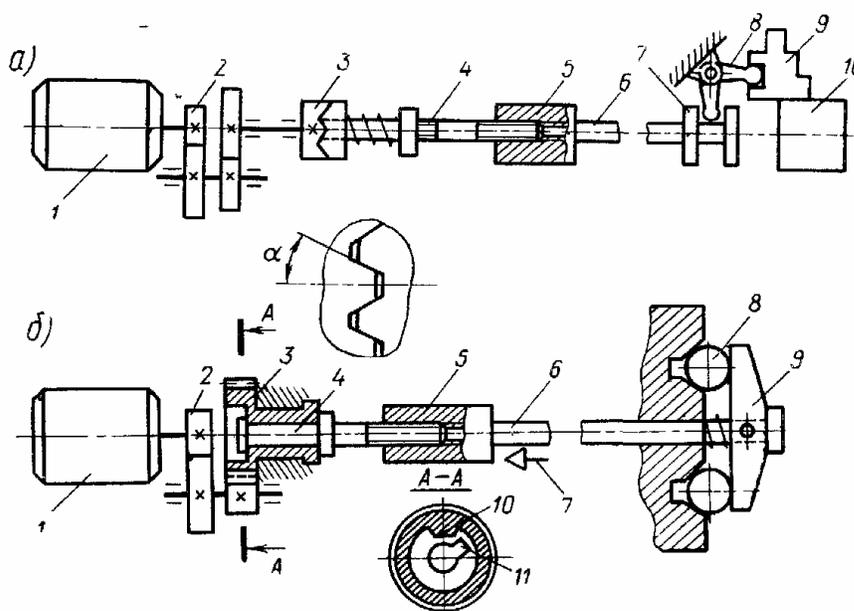


Рисунок 4.29 – Схема электромеханического привода (а – с предохранительной муфтой; б – без предохранительной муфты)

Тяговая осевая сила W электропривода, создаваемая крутящим моментом электродвигателя,

$$W = \frac{M_{кр} \cdot h \cdot i}{r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(a + j)} = 71620 \frac{N \cdot h \cdot i}{n \cdot r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(a + j)},$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент двигателя; N – мощность двигателя; n – число оборотов электродвигателя в минуту; r_{cp} – средний радиус резьбы винта; j – угол трения в резьбовом соединении; a – угол подъема резьбы винта; i – передаточное отношение редуктора; h – к.п.д. редуктора.

Механические центробежные приводы. В механических приводах для перемещения зажимных элементов приспособления исходной силой являются центробежная сила инерции вращающихся грузов, движение частей станка, упругие силы пружины и т. д.

Приспособления с механическим центробежным приводом обеспечивают быстрое перемещение зажимных устройств, автоматизацию зажима и разжима детали и не требуют специальных источников энергии для включения в работу таких приводов.

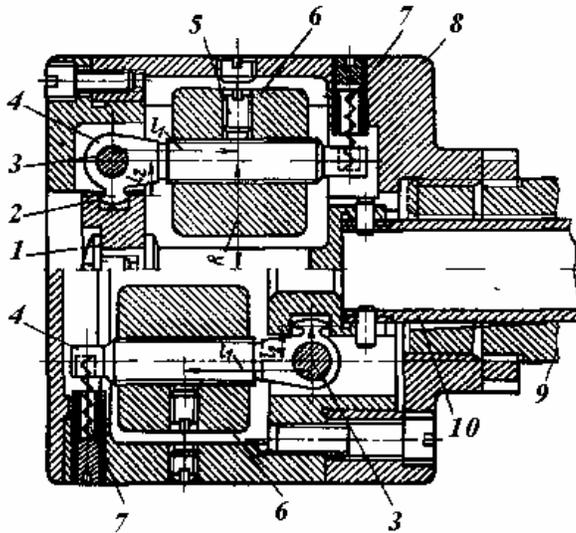


Рисунок 4.30 – Центробежный привод

действием центробежной силы перемещаются от оси к периферии. При этом грузы поворачивают рычаги около осей 3 и малые плечи рычагов через втулки 2 и 1 перемещают тягу 10 вправо. Тяга правым концом через промежуточные звенья перемещает зажимные элементы к оси приспособления, и деталь зажимается. При выключении станка шпиндель 9 не вращается и центробежные силы не действуют. Пружина 7 поворачивает

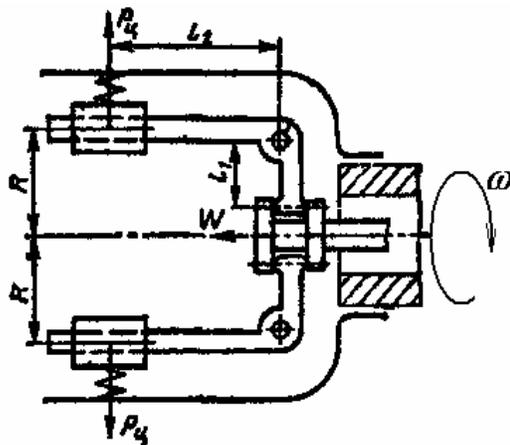


Рисунок 4.31 - Схема для определения усилия, создаваемого центробежным приводом

На рис. 4.30 приведены два варианта центробежно-инерционного привода, закрепленного на заднем конце шпинделя токарного станка: на верхней части – толкающего действия, а на нижней части – тянущего действия. В корпусе 8 центробежно-инерционного привода на оси 3 расположены двуплечие рычаги 4, на горизонтальные плечи которых на резьбе установлены грузы 6, закрепленные винтами 5. Во время вращения шпинделя 9 станка грузы 6 на рычагах 4 под

рычаги 4 с грузами на оси, и короткие плечи рычагов через втулки 2 и 1 перемещают тягу 10 влево. Тяга через промежуточные звенья разводит зажимные элементы приспособления и деталь разжимается. При изменении соотношения плеч l_1 и l_2 рычагов и веса грузов можно изменять силу зажима обрабатываемой детали в значительных пределах.

Схема для определения усилия, создаваемого центробежным приводом, приведена на рис 4.31. Усилие, создаваемое приводом определяется по формуле

$$W = \left(\frac{G \cdot R \cdot w^2}{g} - q \right) \cdot \frac{l_2}{l_1} \cdot h \cdot n,$$

где G - вес груза; w - угловая скорость вращения относительно оси шпинделя; g - ускорение силы тяжести; q — сила сопротивления пружины; n — число грузов.

Центробежная сила

$$P_{ц} = GR (\omega^2/g) = 0,01 GR (n^2/g),$$

где ω – угловая скорость вращения относительно оси; G – вес груза; R – расстояние от центра тяжести груза до оси привода; n – число оборотов шпинделя станка в минуту.

Вакуумные приводы приспособлений применяют для непосредственной передачи атмосферного давления на закрепляемую деталь. В приспособлениях с вакуумным зажимом между базовой поверхностью детали и полостью приспособления создается разрежение – вакуум и обрабатываемая деталь прижимается к опорным поверхностям приспособления избыточным атмосферным давлением. Приспособления с вакуумным зажимом применяют при чистовой обработке нежестких деталей, которые могут деформироваться при приложении сил зажима на небольших поверхностях детали.

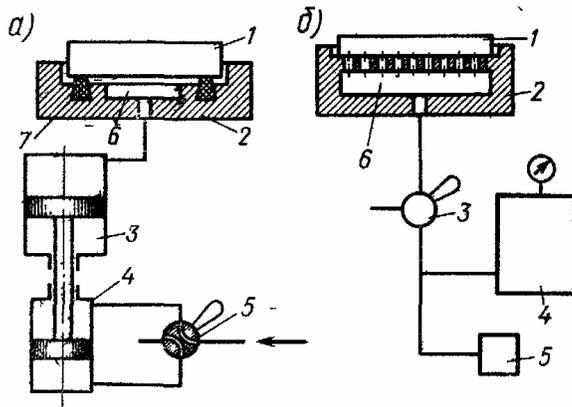


Рисунок 4.31 – Схемы приспособлений с вакуумным приводом (а – с применением пневмоцилиндра; б – применением вакуумного насоса)

На рис 4.32 (а, б), даны схемы вакуумных зажимных устройств. В конусе 2 приспособления (рис. 4.32, а) имеется центрирующая выточка, в которую плоской базовой поверхностью устанавливают обрабатываемую деталь 1. Между нижней поверхностью детали и корпусом 2 приспособления образуется изолированная от атмосферы полость 6, соединенная каналом с вакуумным цилиндром 3, работающим от пневмоцилиндра 4 с распределительным краном 5. При создании вакуума в полости 6 избыточное атмосферное давление равномерно прижимает обрабатываемую деталь к установочной поверхности корпуса, 2 приспособления. Герметичность полости 6 приспособления обеспечивает резиновый уплотнитель 7. После обработки детали полость 6 сообщается с атмосферой и обрабатываемая деталь 1 разжимается.

Сила прижима W обрабатываемой детали к приспособлению зависит от величины полезной площади вакуумной полости и избыточного давления:

$$W = F_n p_u k,$$

где F_n – полезная площадь полости приспособления, ограниченная резиновым уплотнителем 7 или плитой; p_u – избыточное давление, равное разности между атмосферным давлением и остаточным давлением в

вакуумной полости приспособления, $p_{н}=1-p$; $p=0,1-0,15$ – остаточное давление в вакуумной полости приспособления; $k=0,8-0,85$ – коэффициент герметичности вакуумной системы.

В приспособлении с вакуумным приводом избыточное давление должно быть не меньше 0,6 МПа, так как меньшее не обеспечивает надежного закрепления детали.

Остаточное давление $p=0,1-0,15$ МПа является оптимальным и применять более глубокий вакуум не следует, так как значительно возрастает стоимость привода, а сила прижима детали увеличивается незначительно. В приспособлении 2 (рис. 4.32, б) для равномерного прижима детали 1 к плите на ее установочной поверхности имеется большое количество мелких отверстий, сообщающихся с вакуумной полостью б при закреплении детали. Приспособление с вакуумным приводом включает распределительный кран 3, ресивер 4 для быстрого образования вакуума в полости б приспособления и вакуумный насос 5. Образование вакуума в индивидуальных и групповых устройствах создается центробежными многоступенчатыми насосами, поршневыми одно-и двухступенчатыми насосами и т. д.

Управление вакуумным приспособлением производится четырех или трехходовым краном, который подключает вакуумное приспособление к пневмоцилиндру или к насосу или соединяет вакуумную полость приспособления с атмосферой. Сила зажима детали в вакуумном приспособлении контролируется ртутным манометром.

Вакуумные приспособления применяют для крепления тонких пластинчатых деталей при чистовой обработке.

Электромагнитные и магнитные приводы применяют для установки и закрепления деталей, обрабатываемых шлифованием, чистовым фрезерованием, точением.

На рис. 4.33, а, б даны принципиальные схемы электромагнитного приспособления (а) и приспособления с постоянными магнитами (б). На схемах зажим обрабатываемой детали 1 на установочной поверхности приспособления производит рабочий поток Φ_p , являющийся частью полного магнитного потока, образуемого электромагнитными катушками или постоянными магнитами. Рабочий поток Φ_p подводится к рабочему зазору b по стальным магнитопроводам. Так как магнитный поток непрерывный, то, произведя работу, он должен снова вернуться к источнику энергии, следовательно, магнитная цепь, по которой проходит рабочий поток, должна быть замкнутой. В электромагнитном приспособлении (рис. 4.32, а) такая магнитная цепь состоит из электромагнитных катушек 5, которые являются источником энергии, магнитопровода 3, обрабатываемой детали 1 и второго магнитопровода 3. Основание 7 приспособления представляет собой часть сердечника электромагнитной катушки, которая в данном случае как бы разделена на две части. Чтобы магнитный поток прошел через рабочий зазор b , магнитопроводы 3 изолированы от корпуса адаптерной плиты 2 приспособления немагнитной прокладкой 4.

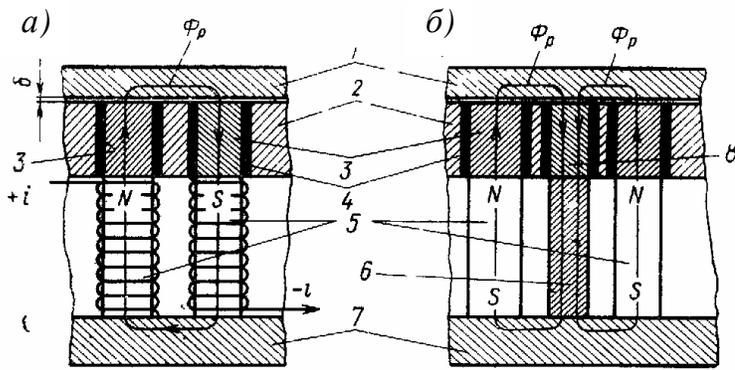


Рисунок 4.33 – Схема электромагнитного привода (а) и привода с постоянными магнитами (б)

В магнитном приспособлении (рис. 4.31, б) магнитная цепь, по которой проходит рабочий поток, состоит из постоянных магнитов 5, являющихся источником энергии, магнитопровода 3, обрабатываемой детали 1, магнитопроводов 8 и 6, основания 7. Магнитный поток снова возвращается в

постоянный магнит 5.

В станочных приспособлениях с электромагнитным и магнитным приводами рабочий магнитный поток, создаваемый электромагнитными катушками или постоянными магнитами, образует силу, которая производит крепление деталей на плоскости магнитных приспособлений.

В магнитных приспособлениях рабочий магнитный поток проходит через обрабатываемую деталь, которая является частью магнитопровода. Сопротивление магнитопровода в основном зависит от магнитной проницаемости материала участков магнитопровода, поэтому электромагнитные и магнитные приспособления применяют для установки и зажима деталей из материала с большой магнитной проницаемостью. Большую магнитную проницаемость имеют незакаленные стали, меньшую – чугуны, весьма небольшую – закаленные и легированные стали.

Электромагнитные приводы встраивают в плиты, патроны, на верхней плоскости которых обработанной поверхностью устанавливаются детали.

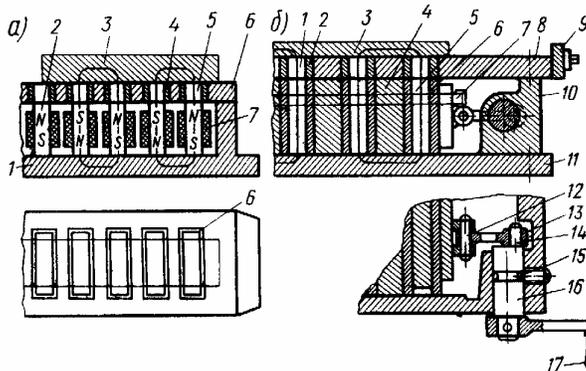


Рисунок 4.34 – Схема работы магнитной плиты

Питание электромагнитных плит производится постоянным током 110 или 220 в от моторгенераторов или селеновых выпрямителей.

На рис. 4.34а, дана схема электромагнитной плиты: в корпусе 1, изготовленном из силумина, установлены электромагниты 2, на которые надеты намагничивающие катушки 7. В фасонные отверстия

верхней плиты 6 впаены вставки 5 из железа Армко, ширина которых равна ширине сердечника электромагнитов 2. Магнитные силовые линии,

излучаемые полюсами вследствие наличия зоны припоя (изоляции), не рассеиваются в массе плиты, а проходят через обрабатываемую деталь. Обрабатываемую деталь 3 плоской базовой поверхностью устанавливают на верхнюю плиту 6. При зажиме детали на электромагнитной плите магнитные силовые линии, выходящие из электромагнитов 2, проходят через вставки 5 из железа Армко, закрепленные в верхней плите 6, через обрабатываемую деталь и замыкаются в нижней части корпуса 1 плиты.

Нормальное замыкание магнитных силовых линий происходит от электромагнита к электромагниту. На рис. 4.34а, тонкими сплошными замкнутыми линиями показано полное замыкание магнитного потока. При отсутствии тока в катушках прекращается и магнитное действие, и обрабатываемая деталь освобождается от зажима.

Катушки 7, установленные на электромагнитах 2, соединены между собой так, чтобы магнитные потоки смежных катушек суммировались, при этом знаки полюсов катушек чередуются.

Сила зажима обрабатываемой детали на электромагнитной плите зависит от удельного притяжения плиты, габаритных размеров детали и ее размещения на столе; она возрастает до определенной величины с увеличением толщины и площади поперечного сечения детали. С увеличением шероховатости базовой поверхности обрабатываемой детали сила зажима детали уменьшается. Для надежного закрепления обрабатываемая деталь на электромагнитной плите должна перекрыть два соседних участка, расположенных между двумя смежными вставками.

При проектировании электромагнитных плит (планшайб) исходными данными являются: форма; размеры обрабатываемой детали в плане; ее материал; сила резания; необходимая сила прижима, удерживающая деталь от сдвига.

Стандартные плиты на основе магнитотвердых ферритов выпускаются по ГОСТ 16528–81 классов точности Н, П, В и А.

Удельная сила притяжения p_y определяется путем отрыва от поверхности плиты специального образца, размеры которого зависят от размеров приспособления,

$$p_y = pf(2t+l)^2,$$

где p – усилие отрыва; t – межполюсное расстояние; l – ширина полюса.

Удельная сила притяжения p_y при включенной плите для плит класса точности Н и П не менее 30 Н/см², для плит класса точности В и А не менее 16 Н/см².

На крайних полюсах рабочей поверхности плиты допускается снижение удельной силы притяжения до 0,5 p_y .

Паспортная силовая характеристика плит по ГОСТ 16528–81 не может быть непосредственно использована для решения технологических задач по определению условий равновесия деталей.

Усилие на рукоятке, необходимое для включения плиты: для плит класса точности Н и П – не более 80 Н, для плит класса точности В и А – не более 50 Н.

Плиты разной точности отличаются друг от друга основными конструктивно-технологическими характеристиками.

Параметр шероховатости Ra (мкм) рабочей поверхности по ГОСТ2789–73 должен быть не более для плит класса точности Н – 1,25; П – 0,63; В – 0,32; А – 0,16.

Параметр шероховатости Ra (мкм) поверхности основания плит должен быть не более: для плит класса точности Н – 2,5; П – 1,25; В – 0,63; А – 0,32.

Жесткость рабочей поверхности плит характеризуется смещением b образца под действием нагрузки Q (для Н и П от 160/4 до 630/16 (40Н/мкм), для А и В 100/1,6 до 400/6(62-67 Н/мкм)).

Основная область применения стандартных магнитных плит – плоское шлифование, получистовое и чистовое фрезерование, строгание и другие операции механической обработки плоскостных деталей машин при сравнительно небольших внешних нагрузках, действующих на деталь.

Удельная сила притяжения p_y для электромагнитных плит определяется по формуле

$$p_y = \frac{4P}{\pi \cdot D^2} 10^6,$$

где P – усилие отрыва эталонного образца, Н; D – диаметр эталонного образца, мм.

При испытании зеркало плиты загружается эталонными деталями. Эталонный образец последовательно помещается в точки, расположенные на диагонали зеркала (прямоугольника) с шагом $0,70D$.

При этом каждый раз определяется усилие отрыва p_i . При испытании, по крайней мере 0,5 поверхности плиты в зоне перемещения эталонного образца (зона А) должна быть загружена эталонными деталями, прилегающими друг к другу.

Экспериментальные значения p_i определяются при диаметрах эталонного образца (и детали) $D = 18, 25, 35, 50$ и 70 мм для специальных плит $D > 18$ мм. Испытания заканчиваются на том образце, для которого

$$\frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_{max}} 100 \leq 30\%$$

При этом для определения p_y берется Q_{min} .

Полученные значения p_y и Q являются основными силовыми характеристиками плиты при зазоре между деталью и приспособлением $\delta \leq 0,05$ мм. Их можно использовать для решения технологических задач.

Например, если для данной электромагнитной плиты $p_y = 350$ кПа при эталонном образце $D = 50$ мм, это значит, что на плите можно закреплять детали с размером $D \approx 50$ мм и гарантированной удельной силой притяжения 350 кПа. Вероятность надежного закрепления деталей размером меньше 50 мм (например, 35 мм) не гарантируется.

По ГОСТ 17519–81 удельная сила притяжения для электромагнитных плит должна быть не менее: 250 кПа для плит класса точности II и 160 кПа – для плит класса точности А.

По специальному заказу выпускаются электромагнитные плиты для силового шлифования, у которых $p_y = 350 - 500$ кПа при $D = 100$ мм.

На рис. 4.34б дана схема магнитной прямоугольной плиты. с постоянными магнитами. Такая плита состоит из корпуса 10, верхней плиты 8, нижней плиты 11, магнитного блока, упорных планок 9 и устройства для перемещения блока в корпусе. Магнитный блок состоит из ряда постоянных магнитов 4, чередующихся с рядом пластин 5, и диамагнитных прокладок 6, скрепленных двумя шпильками 7. Диамагнитные прокладки 6 изготавливают из латуни, а пластины 5 – из железа Армко, имеющего большую магнитную проницаемость. В фасонные пазы верхней плиты, 8 впаиваются вставки 1 из железа Армко, изолированные немагнитными прокладками 2.

Перемещение магнитного блока в корпусе плиты (рис. 4.34б) производится при повороте рукоятки 17, закрепленной на эксцентриковом валике 16, который вращается в корпусе плиты. В выточку валика входит винт 15, удерживающий валик от осевого смещения. Конец валика 14, расположенный эксцентрично относительно его оси, входит в отверстие серьги 13, связанной с магнитным блоком штифтом 12. Корпус, верхняя и нижняя плиты скреплены между собой винтами с потайными головками и образуют закрытую часть приспособления, в котором помещается магнитный блок.

При установке обрабатываемой детали 3 на плите постоянные магниты блока располагают против участков верхней плиты между вставками из железа Армко, чтобы диамагнитные прокладки блока совпали с диамагнитными прокладками верхней плиты. В этом случае магнитные силовые линии пройдут через верхнюю плиту, обрабатываемую деталь 3, вставки из железа Армко в верхней плите, пластины 5 из железа Армко, блока и замкнутся через нижнюю плиту 11. Тонкими замкнутыми линиями показан путь магнитного потока, который, проходя через обрабатываемую деталь 3, прижимает ее к плите.

Для съема обрабатываемой детали магнитный блок сдвигается в корпусе плиты при помощи эксцентрикового механизма (см. рис. 4.32, б) вдоль плиты. Магнитный силовой поток, выходящий из постоянных магнитов, пройдет через верхнюю плиту и пластины блока из железа Армко, замкнется на нижней плите, минуя деталь 3, которая снимается с магнитной плиты.

Вес и высота магнитных плит меньше, чем электромагнитных. Преимущество магнитных плит по сравнению с электромагнитными

заключается в том, что их не нужно питать током, они безопасны в работе, требуют меньшие затраты на ремонт и имеют большой период эксплуатации.

Конструкция наладки для установки обрабатываемой детали должна обеспечить выполнение определенных технологических требований и гарантировать закрепление наладки с деталью на магнитной плите с требуемой силой.

Необходимо отметить, что с увеличением высоты шероховатостей на базовых поверхностях деталей, устанавливаемых на магнитных приспособлениях, сила прижима снижается, так как возникающий воздушный зазор создает большое сопротивление прохождению магнитного потока.

В настоящее время применяют плиты с постоянными магнитами, магнитные свойства которых возбуждаются подачей в катушки сильных импульсов постоянного тока. Эти плиты не имеют движущихся узлов, а ток питания при работе отключен. Размагничивание осуществляется за счет подачи в катушки убывающего до нуля переменного тока. Плиты с постоянными магнитами обеспечивают такую же удерживающую силу, как и электромагнитные приспособления.

Постоянные магниты изготовляют из ферромагнитных материалов. Лучшим материалом для постоянных магнитов является сталь с высоким содержанием углерода и специальных присадок вольфрама, кобальта, хрома. Магнитные свойства этих сталей постепенно уменьшаются, поэтому требуется повторное намагничивание (примерно через два года).

Постоянные магниты для плит изготовляют из сплавов ЮНД8, ЮНДК18, ЮНДК25А и других, верхнюю и нижнюю плиты – из отожженной стали 10, стальные пластины магнитного блока и вставки верхней плиты – из стали ЭАА, диамагнитные прокладки блока – из меди и латуни, а диамагнитную заливку вставок верхней плиты – из баббита и красной меди.

В приспособлениях с постоянными магнитами высоту постоянных магнитов принимают 48–50 мм, толщину стальных пластин – 10–12 мм, зазор между магнитным блоком и верхней плитой – минимальным (0,03 мм).

Преимущества приспособлений с магнитным приводом: они безопасны в работе, так как не связаны с каким-либо источником тока; не расходуют электроэнергию; весьма долговечны в работе.

Недостатки электромагнитных и магнитных приводов приспособлений: получение меньшей силы зажима детали по сравнению с механизированными приводами; на них нельзя крепить детали из немагнитных материалов.

4.6 Приспособления для токарных и круглошлифовальных станков

Материал, изучаемый в этом разделе, изложен в [1-10].

Наиболее распространенными приспособлениями для установки заготовок на токарных и круглошлифовальных станках по центровым

отверстиям являются: центры упорные с конусом Морзе ГОСТ 13214-79, метрическим конусом ГОСТ 18259-72, вращающиеся 8742-75, полуцентры конусом Морзе ГОСТ 2576-79 (рис. 4.35). Для передачи на заготовку крутящего используются хомутики ГОСТ 16488-70, ГОСТ 2578-70 и поводковые патроны ГОСТ 2571-71 (рис. 4.35).

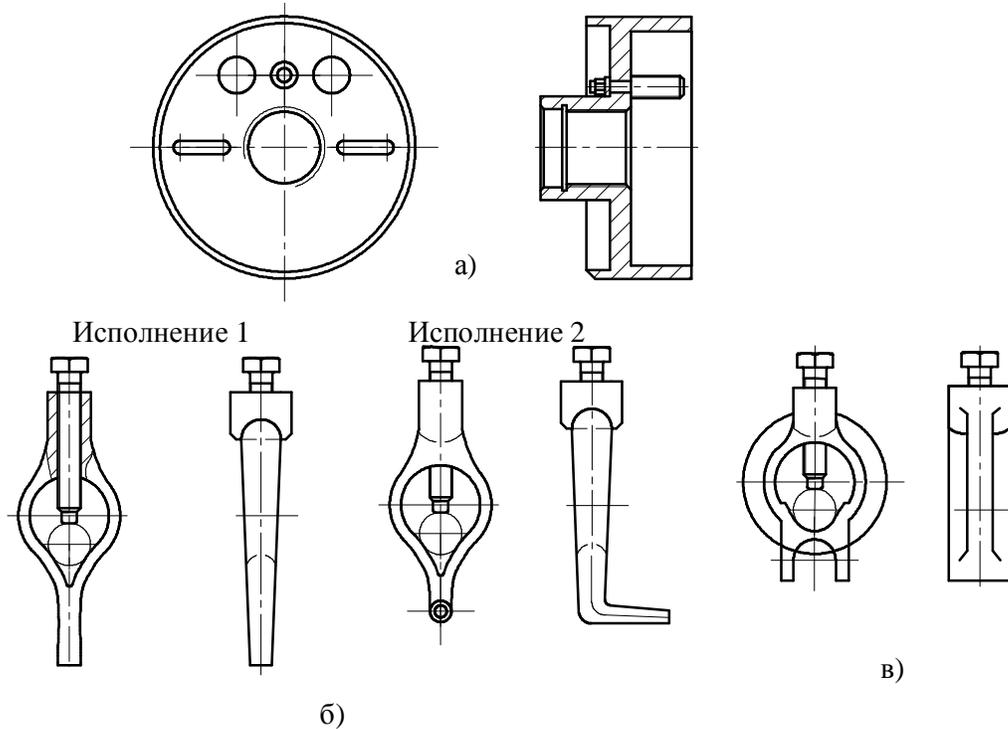


Рисунок 4.35 – Поводковый патрон (а) и хомутики для токарных и фрезерных работ(б- для токарных и круглошлифовальных станков; в – для фрезерных станков)

Наиболее универсальными приспособлениями для токарных станков являются: патроны трехкулачковые ГОСТ 2675-80 (рис. 4.36а), двухкулачковые ГОСТ 14903-69, двух- и трехкулачковые клиновые и рычажно-клиновые ГОСТ 2451-80, четырехкулачковые ГОСТ 3890-82 (рис. 4.36а).

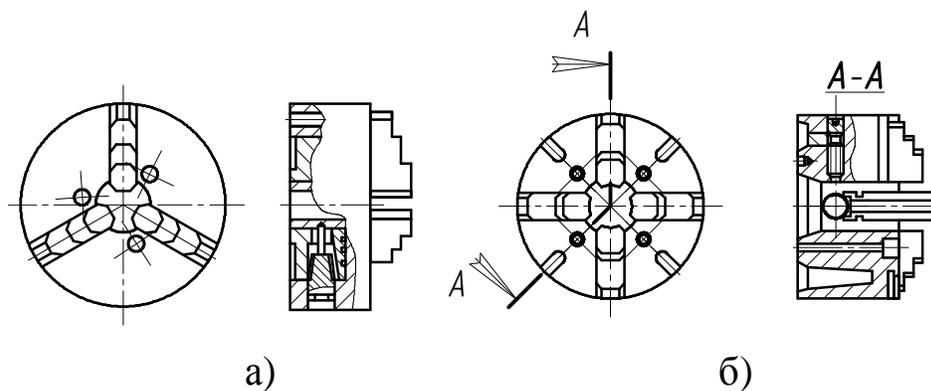


Рисунок 4.36 – Патрон трехкулачковый самоцентрирующий (а), четырехкулачковый несамоцентрирующий (б)

В трехкулачковых патронах (рис.4.36а) при закреплении осуществляется согласованное перемещение всех кулачков. Вращение ключом передаются через коническую передачу на диск со спиралью Архимеда, с которой связаны кулачки патрона. В четырехкулачковых патроне каждый кулачек имеет свой винтовой привод, поэтому при установке заготовки необходимо осуществлять ее выверку.

Принципиальная схема двухкулачкового самоцентрирующего патрона

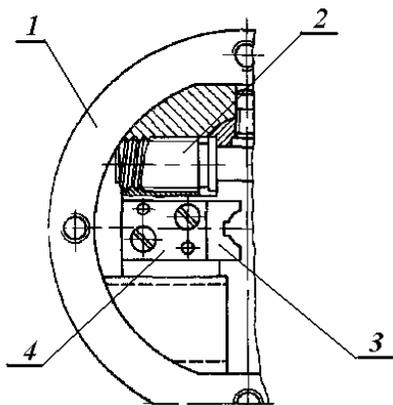


Рисунок 4. 37 - Схема конструкции двухкулачкового самоцентрирующего патрона

показана на рис. 4.37. В корпусе патрона 1 установлен винт 2, на одной ступени которого нарезана правая резьба, на другой – левая. С резьбой винта контактируют резьба на постоянных кулачках 4. Перенастройка патрона осуществляется заменой сменных кулачков 3, которые крепятся на постоянных кулачках 4.

Самозажимные поводковые патроны изготавливают с двумя или тремя эксцентриковыми кулачками с насечкой, которые в начале обработки под действием сил резания зажимают заготовку, установленную в центрах станка и передают ей крутящий момент от шпинделя станка.

При увеличении крутящего момента резания автоматически увеличивается и крутящий момент от шпинделя, передаваемый кулачками патрона на заготовку.

Для удобной установки заготовки в центры применяют поводковые патроны с автоматическими раскрывающимися кулачками. Равномерный зажим заготовки всеми кулачками обеспечивается тем, что применяют плавающие кулачки или кулачки с независимым перемещением. Самозажимные поводковые патроны позволяют устанавливать кулачки на различный диаметр обрабатываемых заготовок в определенном диапазоне. Эти патроны применяют при центровой обработке на многорезцовых станках или станках с ЧПУ для передачи заготовке от шпинделя станка больших крутящих моментов.

На рис. 4.38 показан поводковый патрон с двумя эксцентриковыми сменными кулачками. Фланец 8 патрона устанавливают коническим отверстием на шпиндель и крепят винтами к его фланцу. Корпус 10 патрона соединяется с фланцем 8 винтами 7, проходящими через распорные втулки 6, он имеет ведущие пальцы 9, на которых установлены кулачки 2. Для одновременного зажима заготовки двумя кулачками корпус 10 может перемещаться относительно фланца в направлении его пазов и пружиной 3 поворачиваться в начальное положение. В момент включения станка шпиндель с патроном начинает вращаться и кулачки 2 под действием центробежных сил от грузов 1, мгновенно поворачиваясь на пальцах,

предварительно зажимают заготовку, предупреждая ее провертывание в начале резания.

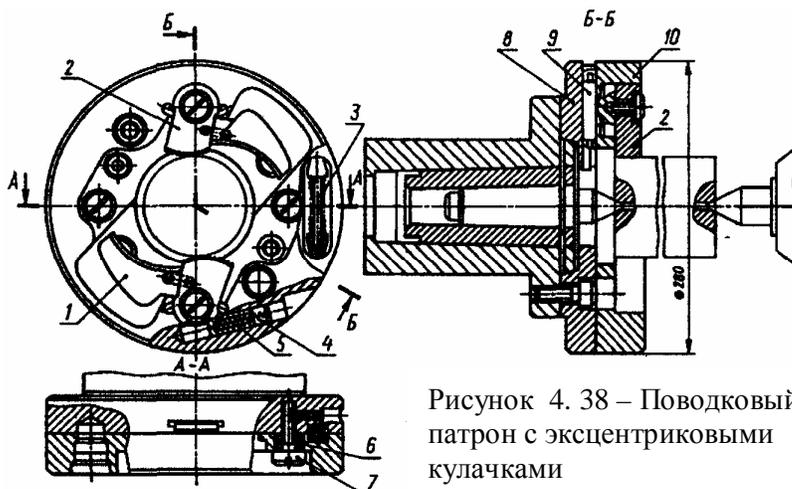


Рисунок 4.38 – Поводковый патрон с эксцентриковыми кулачками

Окончательный зажим заготовки производится в начальный момент резания от составляющей силы резания P_z . После обработки станок выключается, шпиндель не вращается, кулачки 2 толкателями 5 под действием пружин 4 поворачиваются на пальцах 9 в исходное положение и деталь разжимается. Меняя кулачки патрона, обеспечивают изготовление деталей диаметром 30-150 мм.

Мембранные механизмы применяют для центрирования по наружной и внутренней поверхности заготовки. Основной деталью такого механизма является мембрана. На рис. 4.39 обрабатываемая заготовка 5 зажимается внутренними силами упругости мембраны 3 посредством ее кулачков 4. Сила тяги Q разводит кулачки при откреплении детали (рис. 4.39, б).

Силовой расчет такого механизма можно провести, рассматривая мембрану как круглую, заделанную по контуру пластинку, нагруженную равномерно распределенным по окружности расположением кулачков изгибающим моментом. Конструкции и основные параметры мембранных патронов стандартизованы.

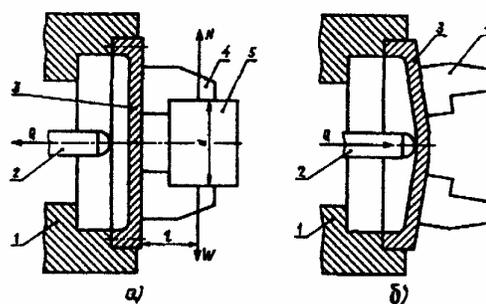


Рисунок 4.39 – Схеме мембранного патрона (а – в рабочем состоянии; б – при разведенных кулачках)

Для установки заготовок по отверстиям используются оправки: цилиндрические, шлицевые ГОСТ 18438-73 ... 18440-73, конические ГОСТ 16211-70 - 16213-70, кулачковые, цанговые, оправки с гофрированными втулками, тарельчатыми пружинами и др.

На рис. 4.40 показана **оправка 2 с разрезной втулкой 6**, на которой устанавливают и зажимают заготовку 3. Конической частью 1 оправку 2 вставляют в конус шпинделя станка. Зажим и разжим детали на оправке производится механизированным приводом. При подаче сжатого воздуха в правую полость пневмоцилиндра поршень, шток и тяга 7 движутся влево и головка 5 тяги с шайбой 4 перемещает разрезную втулку 6 по конусу оправки, пока она не зажмет заготовку на оправке. Во время подачи сжатого воздуха в левую полость пневмоцилиндра поршень, шток и тяга перемещаются вправо, головка 5 с шайбой 4 отходит от втулки 6 и деталь разжимается.

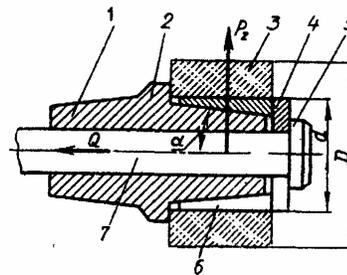


Рисунок 4. 40 – Оправка с разрезной втулкой

Крутящий момент от тангенциальной составляющей силы резания P_z должен быть меньше момента от сил трения на цилиндрической поверхности разрезной втулки 6 оправки. Осевая сила на штоке механизированного привода для оправки

$$Q = \left(\frac{K P_z D}{df} \right) [tg(a + j) + f],$$

где a – половина угла конуса оправки, град; j – угол трения на поверхности контакта оправки с разрезной втулкой, град; f – коэффициент трения

Оправки с тарельчатыми пружинами обеспечивают прочное закрепление по внутренней или наружной цилиндрической поверхности и точное центрирование в пределах 0,01-0,02 мм. На рис. 4.41 показана консольная оправка для закрепления заготовки 2 по внутренней цилиндрической поверхности. Втулка 3, сидящая на штоке 4 механизированного привода, своим торцом сжимает набор тарельчатых пружин 1. Пружина представляет собой коническое кольцо сплошное или с двумя рядами прорезей для повышения эластичности. От осевой силы W пружины частично сплющиваются, и диаметр их наружной поверхности увеличивается на 0,1-0,4 мм в зависимости от их размеров. Пружины

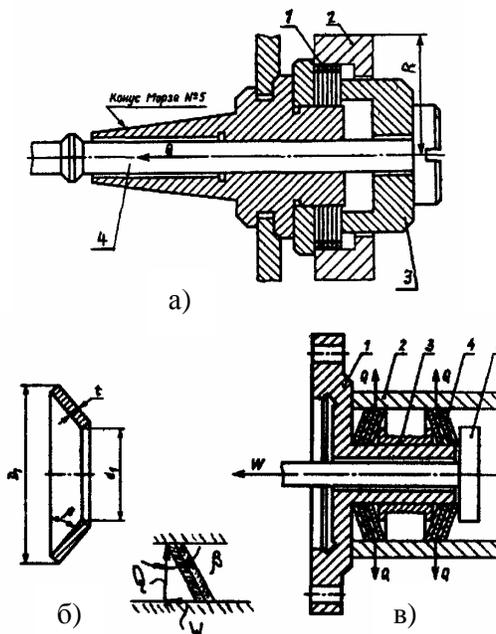


Рисунок 4. 41 – Оправки с тарельчатыми пружинами (а- с одним пакетом пружин; б – конструкция тарельчатой пружины; в- оправка с двумя пакетами пружин)

выполняют (рис. 4.41б) изготавливаются из стали 60С2А и термически обрабатывают до твердости HRC 40-45. Толщина пластины берется 0,5-1,25 мм. При перемещении штока механизированного привода вправо пружины возвращаются в исходное положение и деталь легко снимается с оправки.

На рис. 4.41,в показана схема оправки с двумя пакетами тарельчатых пружин. На корпус 1 надеты два пакета тарельчатых пружин 4, между которыми расположена втулка 3. Если стержень 5 будет перемещаться влево, то пакеты сплющиваются, увеличиваются в диаметре и заготовка 2 центрируется и закрепляется. Базирующие поверхности заготовок могут быть 7-11 качества.

Для определения необходимой величины осевой силы W (см. рис. 4.41б) рассмотрим равновесие тарельчатой пружины в конечном положении. Наличие радиальных прорезей позволяют с достаточной точностью для Практических расчетов рассматривать пружину как наклонную распорку между корпусом 1 и заготовкой 2 (см. рис. 4.38, в). Из силового треугольника (рис. 4.41, б):

$$0,75W = Q / \operatorname{tg} b,$$

где b – угол наклона; 0,75 - коэффициент введен из расчета, что 25% силы тяги расходуется на деформацию пружины в пределах зазора между базовым отверстием заготовки и пружиной в недеформированном виде.

Оправки кулачковые шпиндельные (рис 4.42) предназначены для закрепления полых заготовок деталей типа тел вращения. При перемещении штока механизированного зажима перемещается и коническая деталь 1, которая раздвигает кулачки 2, в результате чего происходит зажим заготовки. Кулачковая шпиндельная оправка крепится на шпинделе 1, токарного или круглошлифовального станка (см. рис. 4.42а). Клиноплунжерные механизмы часто используют в патронах для токарной обработки для центрирования как по внутренней, так и наружной цилиндрической поверхностям. Схема механизма приведена на рис. 4.42б. Три плунжера 2, расположенные под углом 120° друг к другу, перемещаются в трех радиальных пазах корпуса 1. Перемещение плунжеров осуществляется клином 3, имеющим соответственно три клиновых скоса. Клин 3 соединен со штоком

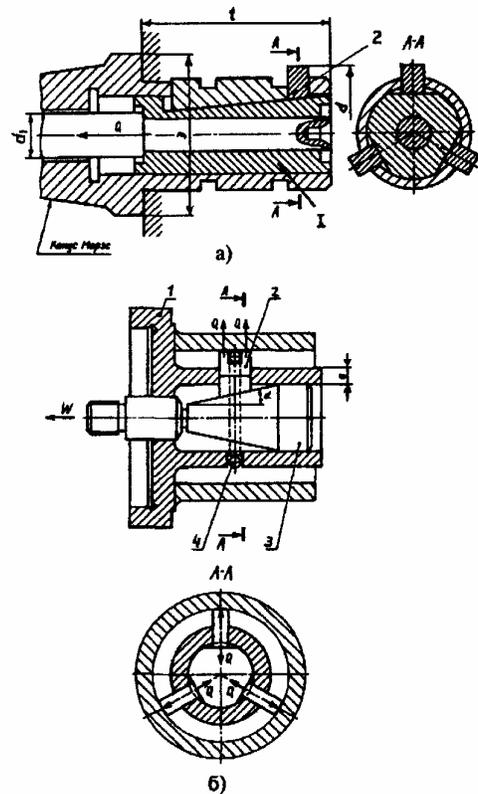


Рисунок 4. 42 Оправки кулачковые (а- оправка кулачковая шпиндельная; б - оправка кулачковая плунжерная)

силового привода. При движении клина 3 влево плунжеры

На рис. 4.43 показана консольная оправка с тонкостенной втулкой и гидропластмассой. Оправки с гидропластмассой предназначены для установки заготовок по точнообработанным внутренним цилиндрическим поверхностям. Обрабатываемую заготовку 4 с базовым отверстием устанавливают на наружную поверхность тонкостенной втулки 5. При подаче сжатого воздуха в полость пневмоцилиндра поршень со штоком перемещается в пневмоцилиндре влево и шток через тягу 6 и рычаг 1 передвигает плунжер 2, который нажимает на гидропластмассу 3. Гидропластмасса равномерно давит на внутреннюю поверхность втулки 5, втулка разжимается; наружный диаметр втулки увеличивается, и она центрирует и закрепляет заготовку 4.

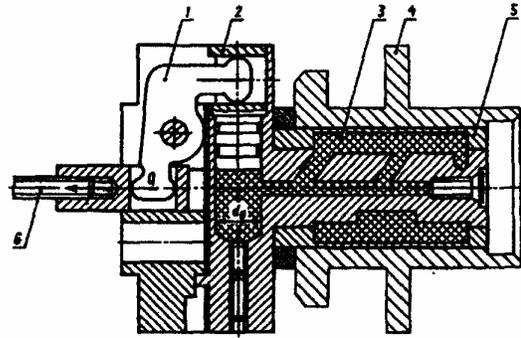


Рисунок 4.43 – Консольная оправка с гидропластмассой

Для установки полых заготовок могут использоваться цанговые оправки различных конструкций. Пример фланцевой цанговой механизированной оправки показан на рис.4.44. Оправка состоит из корпуса

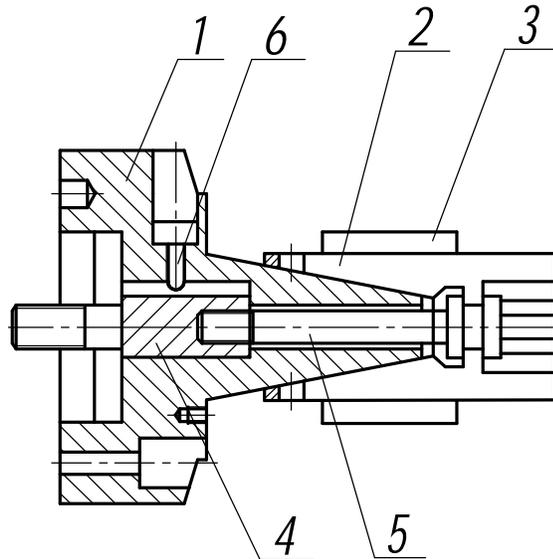


Рисунок 4.44 - Фланцевая цанговая механизированная оправка

1, на конической поверхности которого размещается цанга 2. В проточке цанги установлен винт 5, соединенный с тягой 4. Прямолинейность перемещения тяги 4 обеспечивается шпонкой 6, установленной в корпусе 1. Заготовка 3 устанавливается на цилиндрической поверхности цанги 2. Усилие со стороны привода перемещает тягу 4 с винтом 5 влево. Цанга 2 скользят, по конической поверхности, деформируясь, одновременно центрирует и закрепляет заготовку 3.

Цанговые оправки могут использоваться и при установке заготовок по внутренним коническим и цилиндрическим поверхностям. Примеры конструкций таких оправок показаны на рис. 4.45.

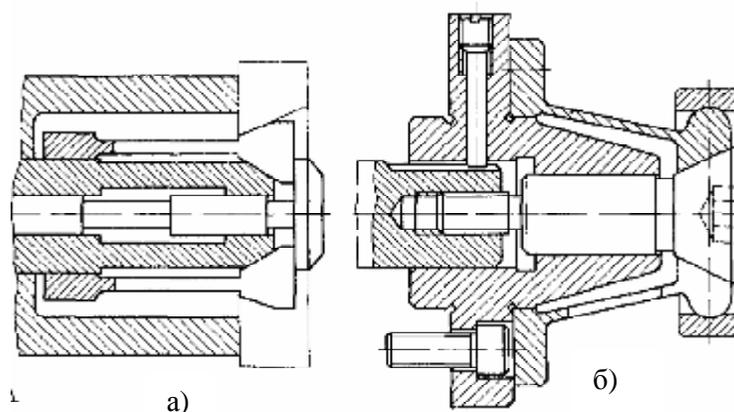


Рисунок 4.45 – Цанговые оправки для установки заготовки по конической поверхности (а) и по фасонной поверхности (б)

4.7 Приспособления для сверлильных станков

Материал, изучаемый в этом разделе, изложен в [1-10].

Приспособления для сверлильных станков занимают большой удельный вес в технологическом оснащении. Современные требования к качеству машин не позволяют вести сверление отверстий по разметке, поэтому сверлильные приспособления широко применяются не только в массовом, но и в мелкосерийном и даже индивидуальном производстве.

Наряду с кондукторами при обработке отверстий широко применяются и зажимные приспособления без кондукторных плит и втулок при выполнении таких операций, как снятие фасок, цекование, зенкерование, нарезание резьбы и т.п.

Обработка отверстий при современных режимах резания вызвала необходимость надежного крепления обрабатываемых заготовок с минимальными затратами вспомогательного времени.

В связи с этим, получили широкое распространение кондукторы и зажимные приспособления с механизированным приводом.

Приспособления для сверлильных станков имеют большое разнообразие конструкций по устройству кондукторных плит, по методу базирования и крепления обрабатываемых заготовок и по другим признакам.

Сверлильные приспособления различаются также положением, которое занимает заготовка в процессе обработки. По этому признаку приспособления разделяются на стационарные, поворотные, передвижные и опрокидываемые. Наибольшее применение имеют стационарные и поворотные приспособления.

Стационарным приспособлением называется такое, в котором обрабатываемая заготовка в процессе всей обработки на данном станке остается неподвижной.

Поворотные приспособления применяются для обработки отверстий, расположенных с разных сторон детали или по ее окружности, и при многопозиционной обработке с применением многошпиндельных головок. Они могут иметь горизонтальную, вертикальную или наклонную ось вращения. Наибольшее применение имеют поворотные приспособления с горизонтальной и вертикальной осью вращения. Такие приспособления обычно состоят из неподвижного корпуса (стойки) и поворотной части, несущей технологические наладки с закрепленной одной или несколькими обрабатываемыми заготовками.

Современные поворотные приспособления большей частью приводятся в действие от механизированного или автоматизированного привода.

Стационарные приспособления разделяют на специальные и универсальные. Специальные стационарные приспособления применяют для обработки отверстий в заготовках деталей одного или нескольких типов, схожих по форме и размерам, в крупносерийном и массовом производствах. Универсальные стационарные приспособления применяют при групповой обработке деталей, закрепленных за определенным станком, в среднесерийном и мелкосерийном производствах. Число различных типоразмеров деталей, обрабатываемых в универсальных стационарных приспособлениях, можно значительно увеличить за счет применения сменных наладок.

Широкое применение таких приспособлений, их механизация значительно повышают производительность труда и сокращают время и средства на подготовку производства к запуску нового изделия.

К стационарным приспособлениям можно отнести кондукторные плиты, скальчатые кондукторы, различные патроны с автоматизированным приводом.

Приспособления, служащие для обработки заготовок на сверлильных станках, и имеющие кондукторные втулки для направления режущего инструмента, называют кондукторами. Иногда при обработке отверстий, расположенных на различных поверхностях заготовок, требуется изменить ее положение на станке относительно режущего инструмента. Для этого применяют кондукторы различных видов: накладные, стационарные, передвижные, поворотные.

Накладные кондукторы (рис 4.46) устанавливают непосредственно на обрабатываемую заготовку и после обработки отверстий снимают с детали.

Скальчатые кондукторы консольного или портального типа имеют широкое применение для обработки различных деталей на сверлильных станках. Скальчатый кондуктор состоит из постоянных нормализованных и сменных узлов (наладок) и деталей. Постоянными узлами и деталями скальчатого кондуктора является корпус, две или три скалки, установленные в корпусе для закрепления кондукторной плиты, постоянная кондукторная плита и механизм для перемещения скалок с постоянной кондукторной плитой вниз (при зажиме) и вверх (при разжиме) обрабатываемой детали.

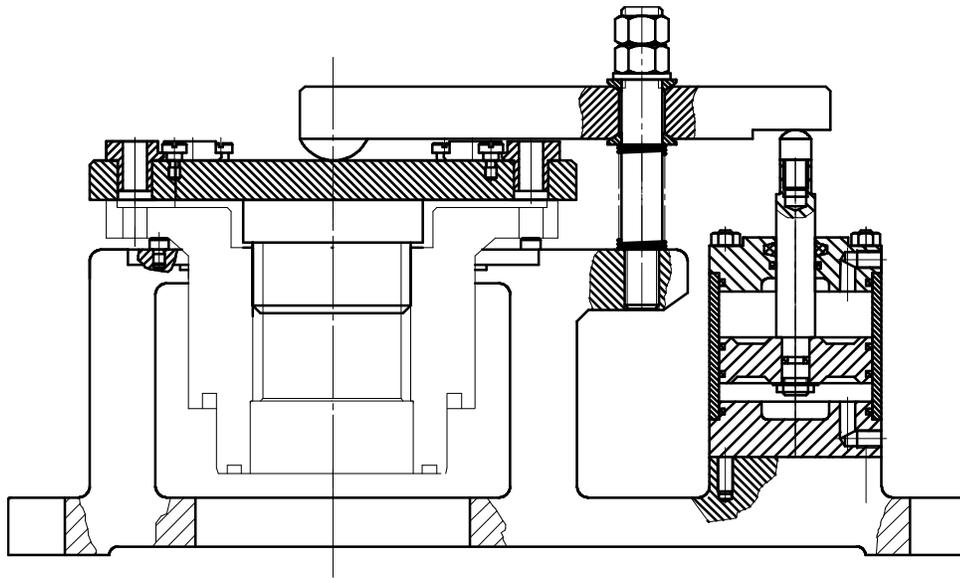


Рисунок 4.46 – Накладной кондуктор

К сменным узлам и деталям скальчатого кондуктора относятся сменные наладки для установки обрабатываемых заготовок и сменные кондукторные плиты, в которых установлены кондукторные втулки. Сменные наладки устанавливаются, фиксируются и закрепляются на столе корпуса кондуктора, а сменную кондукторную плиту – на нижней плоскости постоянной кондукторной плиты.

Различные типоразмеры скальчатых кондукторов применяют для обработки отверстий в различных по форме и габаритным размерам деталей. В зависимости от вида механизма для подъема и опускания направляющих скалок с кондукторной плитой, скальчатые кондукторы подразделяются на следующие типы:

1. С реечным механизмом и приставным роликовым или эксцентриковым замком.
2. С реечным механизмом и торсионно-роликовым замком.
3. С реечно-конусным (клиновым) механизмом.
4. С реечно-пружинным механизмом.
5. С пружинно-кривошипным или пружинно-кулачковым механизмом.
6. С пневматическим приводом.

Наибольшее практическое применение получили кондукторы с реечно-конусным механизмом и с пневматическим приводом. На рис. 4.47 показан нормализованный скальчатый кондуктор консольного типа с встроенным пневматическим приводом. Кондуктор служит для обработки отверстий в заготовках деталей средних размеров. Нижняя часть корпуса 9 кондуктора является пневмоцилиндром, в котором перемещается поршень 12 со штоком 3. Постоянная кондукторная плита 5 установлена на направляющих скалках 2, 4 и на штоке 3.

На нижней плоскости 10 кондукторной плиты 5 установлена и закреплена сменная кондукторная плита с кондукторными втулками.

Сменная наладка для установки и закрепления заготовок помещается на плоскости 11 стола корпуса приспособления. На столе имеется два фиксирующих пальца 1 и 6 и четыре отверстия диаметром 13 мм, которые служат для фиксации и закрепления сменных наладок.

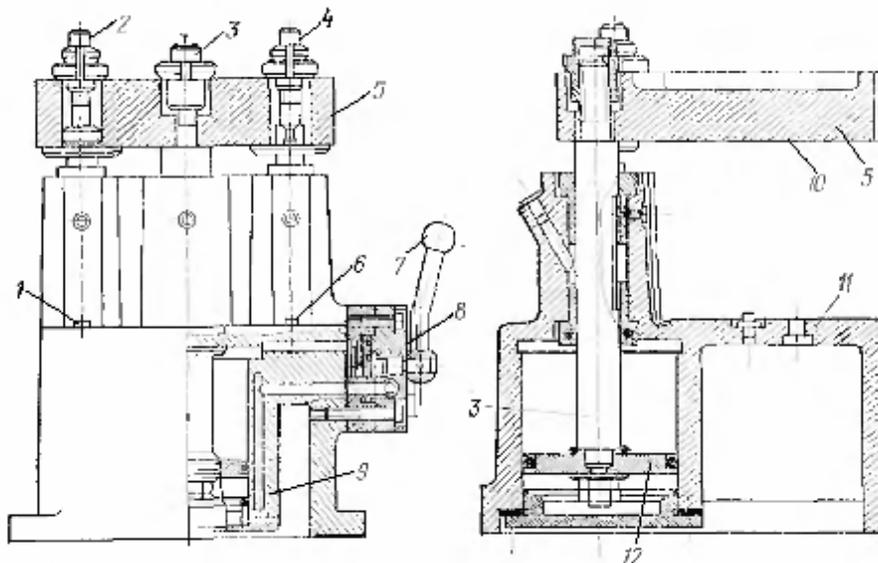


Рисунок 4.47 – Механизированный скальчатый кондуктор

При поступлении сжатого воздуха в верхнюю полость пневмоцилиндра 9 поршень 12 со штоком 3 перемещаются вниз. В этом случае шток 3 с направляющими скалками 2 и 4 с постоянной кондукторной плитой 5 и прикрепленной к ее плоскости 10 сменной плитой, опускаясь, зажмут заготовку, установленную в сменной наладке на столе 11.

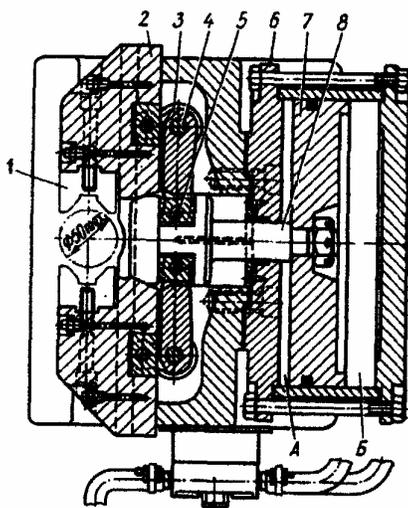


Рисунок 4.48 – Стационарные унифицированные пневматические тиски

Во время подачи сжатого воздуха в нижнюю полость пневмоцилиндра 9 поршень 12 со штоком 3, скалками 2 и 4, перемещаясь вверх, поднимает кондукторную плиту 5, постоянную и прикрепленную к ней сменную, и деталь разжимается. При повороте рукоятки 7 распределительного крана 8 в соответствующую сторону, сжатый воздух поочередно подается в верхнюю или нижнюю полость пневмоцилиндра 9.

На рис. 4.48 показано, стационарное универсальное приспособление – пневматические тиски, применяемые для центрирования и зажима заготовок

цилиндрических деталей, в которых сверлят или зенкеруют отверстия на вертикально-сверлильных станках.

С корпусом тисков соединен винтами пневмоцилиндр с крышками 6. Внутри пневмоцилиндра перемещается поршень 7 со штоком 8, который на левом конце имеет два паза.

В этих пазах установлены на пальцах 5 длинные плечи Г-образных рычагов 3. При подаче сжатого воздуха в полость "А" пневмоцилиндра поршень 7 со штоком 8 помещается вправо. В это время рычаги 3 поворачиваются на осях 4 и короткими плечами перемещают ползуны 2 со сменными губками 1 к центру, и заготовка зажимается.

При подаче сжатого воздуха в полость "Б" пневмоцилиндра поршень 7 со штоком 8 перемещается влево, рычаги 3, поворачиваясь, разводят губки 1, и деталь разжимается.

Стол-тумба с пневмоприводом (рис. 4.49) предназначен для установки и закрепления заготовок как непосредственно на столе, так и в сменных наладках или приспособлениях. Усилие зажима передается непосредственно от штока пневмоцилиндра или через систему рычагов двум вертикальным и одной горизонтальной тягам.

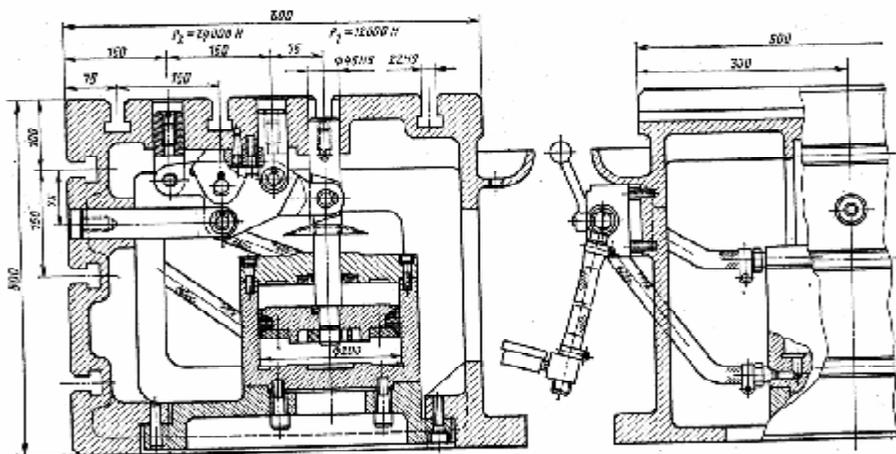


Рисунок 4. 49 – Стол - тумба неподвижный с пневмоприводом

При последовательной обработке отверстий в заготовках установленных в поворотных приспособлениях, приспособления с заготовками периодически поворачиваются около своих осей.

Поворотные приспособления применяют с вертикальной, горизонтальной или наклонной осями вращения. Поворотные приспособления с вертикальной осью вращения называют столами, а с горизонтальной осью – стойками.

Стойки бывают одно- и двухопорные. Поворотные столы и стойки состоят из корпуса (неподвижная часть) и планшайбы (поворотная часть).

На поворотной части стола или стойки крепят сменные наладки с кондукторными втулками и с установочно-зажимными элементами, в которых устанавливают и зажимают заготовки. Углы поворота подвижных

частей столов и стоек на одно деление отсчитывают по круговой шкале с конусом или фиксатором. Столы и стойки поворачивают вручную или механизированным приводом.

Поворотные столы и стойки нормализованы, их применяют в единичном, мелкосерийном и среднесерийном производствах и частично в крупносерийном и массовом производствах.

Для установки и закрепления на поворотных приспособлениях заготовок различных деталей требуется изготовить только сменные наладки в основном из установочно-зажимных элементов. Поворотные столы с

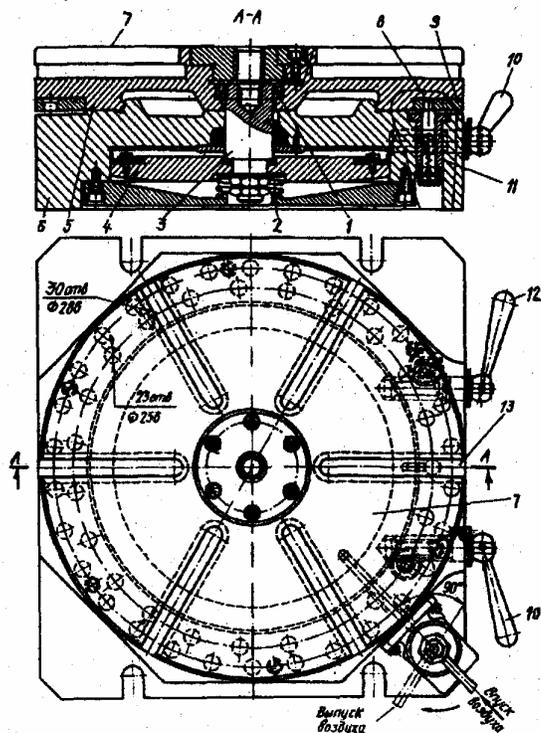


Рисунок 4.50 – Универсальный поворотный стол

вертикальной осью вращения устанавливают и закрепляют на рабочем столе вертикально- или радиально-сверлильного станка и применяют для обработки отверстий, расположенных по окружности.

На рис. 4.50 приведен универсальный поворотный стол, применяемый для последовательного сверления отверстий, расположенных по окружности. Стол состоит из корпуса 6 (неподвижная часть) и планшайбы 5 (поворотная часть).

На планшайбе 5 закреплено кольцо 9, в котором по окружности диаметром 265 мм расположены 23 отверстия, а по окружности диаметром 286 мм – 30 отверстий. Точная индексация поворота планшайбы на определенный угол

производится одним из реечных фиксаторов 8, последовательно входящих в отверстия соответствующего ряда в кольцо 9, под действием пружин, расположенных в двух втулках 11, запрессованных в корпус 6.

Управление каждым реечным фиксатором 8 производится рукоятками 10 и 12. Поворот планшайбы 5 стола на одно деление осуществляется вручную. Для большей жесткости приспособления при обработке отверстий планшайбу после ее поворота и фиксации, прижимают к корпусу 6 и отжимают от него перед последующим поворотом. Прижим планшайбы 5 к корпусу 6 производится пневмоприводом, встроенным в корпус, а отжим – пружиной 2.

В пневмоцилиндре размещается поршень 4 со штоком 3, на конце которого установлена втулка 1. При поступлении сжатого воздуха в штоковую полость пневмоцилиндра, поршень со штоком и втулкой перемещается вниз, и втулка прижимает планшайбу к корпусу. Когда

выпускают сжатый воздух из штоковой полости через распределительный кран в атмосферу, поршень 4 со штоком 3 и втулкой 1 под действием пружины 2 перемещаются вверх и планшайба 5 отжимается от корпуса 6. Сменные наладки для установки и закрепления заготовок устанавливаются на верхней плоскости 7 планшайбы 5 и крепятся болтами, установленными в пазах 13 планшайбы.

Поворотные стойки с горизонтальной осью вращения одно- и двухопорные применяют при последовательной обработке отверстий, расположенных на различных плоскостях детали, а так же для сверления радиально расположенных отверстий. Одноопорные стойки применяют при обработке отверстий в заготовках с небольшим вылетом оси отверстия относительно корпуса стойки. Двухопорные стойки состоят из основной и вспомогательной стоек, установленных на одной плите, и применяются при обработке отверстий в заготовках крупных деталей, которые при консольном закреплении на одноопорной стойке имеют большой вылет и недостаточную жесткость. Поворотные стойки нормализованы, применяют их при изготовлении деталей, схожих по форме и размерам. К каждой поворотной стойке изготавливают несколько сменных наладок.

4.8 Приспособления для фрезерных станков

Материал, изучаемый в этом разделе, изложен в [1-10].

Приспособления для фрезерных станков по виду подачи стола разделяют на приспособления к станкам с прямолинейной, круговой и сложной копирной подачей. По степени совмещения вспомогательного времени с основным эти приспособления подразделяют на две группы: приспособления, в которых при обработке деталей вспомогательное время совмещается с основным, и приспособления, у которых при обработке деталей это время не совмещается.

Приспособления для фрезерных станков бывают универсальными, универсально-сборными, универсально-наладочными, групповыми и специальными.

Машинные тиски являются универсальным приспособлением, их применяют для обработки различных по форме и размерам деталей. Тиски имеют постоянные детали (корпус, салазки и механизм зажима) и сменные губки, которые используют при обработке различных типоразмеров деталей. Тиски бывают с одной или с двумя подвижными губками, с плавающими губками. В тисках применяют ручные зажимы: винтовые, эксцентриковые, механизированные, пневматические, гидравлические, пневмогидравлические. В зависимости от направления силы зажима, действующей на подвижную губку, тиски бывают с тянущей или толкающей силой зажима.

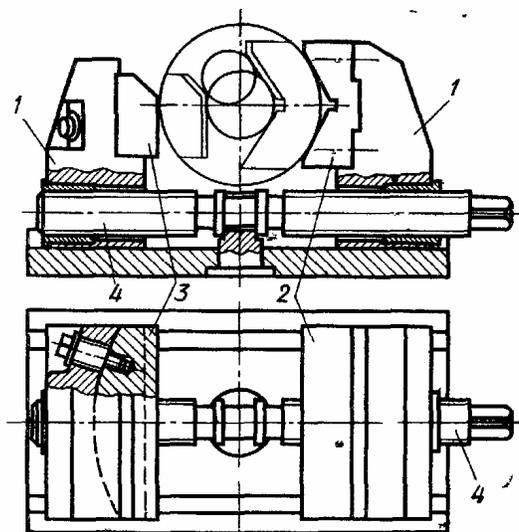


Рисунок 4.51- Универсальные самоцентрирующие тиска

На рис. 4.51 показаны универсальные самоцентрирующие тиски с двумя постоянными подвижными губками 1 и сменными губками 2 и 3. При вращении винта 4 с правой резьбой на одном конце и левой на другом губки 1 тисков сдвигаются (при зажиме обрабатываемой детали) или раздвигаются (при разжиме ее).

На рис. 4.51 показаны наибольший и наименьший диаметры обрабатываемых деталей. В тисках левая призматическая губка для уменьшения перемещения губок при установке и снятии деталей заменена плоской.

На рис. 4.52 показаны универсальные переналаживаемые поворотные тиски УПГ-6 с встроенным

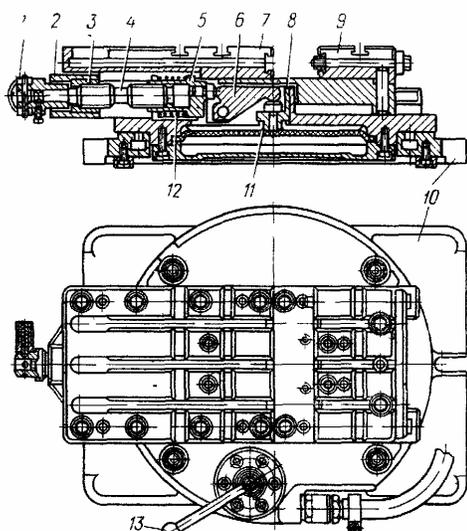


Рисунок 4.52 – Универсальные поворотные тиски УПГ-6

тиски УПГ-6 с встроенным диафрагменным пневмоприводом. На них можно устанавливать детали размером 200x250 мм. Сменные накладки, применяемые для установки различных обрабатываемых деталей, закрепляют на торцовых или верхних поверхностях неподвижной 7 и подвижной 9 губок тисков.

При поступлении сжатого воздуха в нижнюю полость пневмокамеры диафрагма 11 прогибается и перемещает шток 8 вверх. Шток через рычаг 6, упор в гайке 5, винт 4 и втулку 3 перемещает влево рамку 2 с подвижной губкой 9, и обрабатываемая деталь зажимается губками 7 и 9. При разжиме

обрабатываемой детали, поворотом рукоятки 13 распределительного крана сжатый воздух выпускается из нижней полости пневмокамеры в атмосферу, диафрагма 11 выпрямляется, подвижная губка 9 перемещается вправо под воздействием пружины 12. Подвижная губка при зажиме детали перемещается пневмоприводом влево на 5–6 мм. Подвод и отвод губки 9 на большее расстояние и предварительный зажим губками обрабатываемой детали производятся вручную винтом 4 с рукояткой 1. Предварительный ручной зажим обрабатываемых деталей необходим, потому что пневматический привод перемещает зажимные устройства приспособления недостаточно плавно. Поэтому обрабатываемые детали с неустойчивыми

базовыми поверхностями при зажиме их пневмоприводом могут сместиться и занять неправильное положение, если они не были предварительно зажаты вручную. Тиски поворачиваются на плите 10 в горизонтальной плоскости на 360°. Тиски устанавливают на столе фрезерного станка и закрепляют болтами, заведенными в пазы.

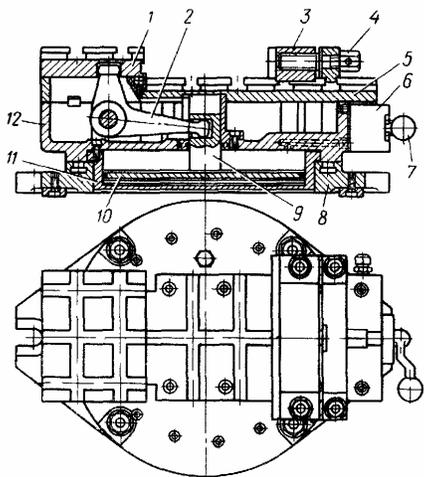


Рисунок 4.53 – Универсальные поворотные тиски с пневмоприводом

На рис. 4.53 показаны универсальные поворотные тиски с встроенным поршневым пневмоприводом двустороннего действия. В отверстия неподвижного основания 8 тисков встроен пневмоцилиндр 11, с которым винтами соединен полый поворотный корпус 12. К корпусу прикреплен распределительный кран 6 с рукояткой 7 для переключения золотника при поочередном впуске сжатого воздуха в верхнюю или нижнюю полость пневмоцилиндра 11 и выпуска воздуха в атмосферу. На верхней части поворотного корпуса 12 тисков закреплена стальная плита 5. В плите и подвижной губке 1 имеются Т-образные пазы под головки болтов для крепления к тискам специальных сменных наладок. На верхней части плиты 5

закреплена регулируемая губка 3, которую, в зависимости от размеров обрабатываемых деталей, можно перемещать винтом 4 или переставлять в пазах плиты 5.

При обработке крупногабаритных деталей губку 5 снимают. Во время зажима обрабатываемой детали в сменной наладке тисков сжатый воздух поступает в верхнюю полость пневмоцилиндра 11 и перемещает поршень 10 со штоком 9 вниз. При этом длинное плечо рычага 2, находящееся в пазу штока 9, опускается, а короткое плечо перемещает подвижную губку и деталь зажимается губками 1 и 3. Во время поворота рукоятки 7 золотник крана 6 пропускает сжатый воздух в нижнюю полость пневмоцилиндра 11. Сжатый воздух, нажимая на поршень 10, перемещает его со штоком 9 вверх. При этом длинное плечо рычага 2 поднимается вверх, короткое плечо отводит губку от центра – деталь разжимается.

Рассмотренные конструкции переналаживаемых тисков с механизированным приводом применяют в серийном и мелкосерийном производствах для зажима деталей, обрабатываемых на фрезерных станках.

Применение сменных наладок в универсальных приспособлениях позволяет обрабатывать детали различных типоразмеров на фрезерных станках в мелкосерийном и серийном типах производства. Эти приспособления подразделяются на одно- и многоместные.

На рис. 4.54, а, б показаны соответственно универсальное многоместное приспособление с встроенным пневмоприводом и сменной наладкой (кассетой) к нему. На плите 13 смонтирован пневмоцилиндр 12 с

поршнем 11, установленным на штоке 10. В стойку (разрез Б–Б) запрессована ось 9, на которой установлен поворотный рычаг 8. Нижнее плечо этого рычага входит в паз штока 10, а верхнее плечо осью 7 связано с пальцем 6, перемещающимся во втулке 5.

Сменная наладка 3 имеет скалки 19, на которых закреплены неподвижно губки 1 и 20, перемещающиеся по скалкам сменные губки 18. При установке в приспособлении сменной наладки неподвижные губки 1 и 20 опираются на штыри, а губка 1 ориентируется также по прямоугольному выступу планки приспособления. Зажим наладки в приспособлении производится двумя прихватами 15, прижимающими ее к клиновидной направляющей 14.

Сжатый воздух из сети подается в распределительный кран 16, после поворота его рукоятки 17 поступает в верхнюю полость пневмоцилиндра 12 и перемещает поршень со штоком 10 вниз. Нижнее плечо рычага 8 штоком 10 опускается, а верхнее его плечо через палец 6 перемещает подвижные губки 18 по скалкам 19 до упора в губку 1. При этом обрабатываемые детали 2, установленные между губками 18, зажимаются.

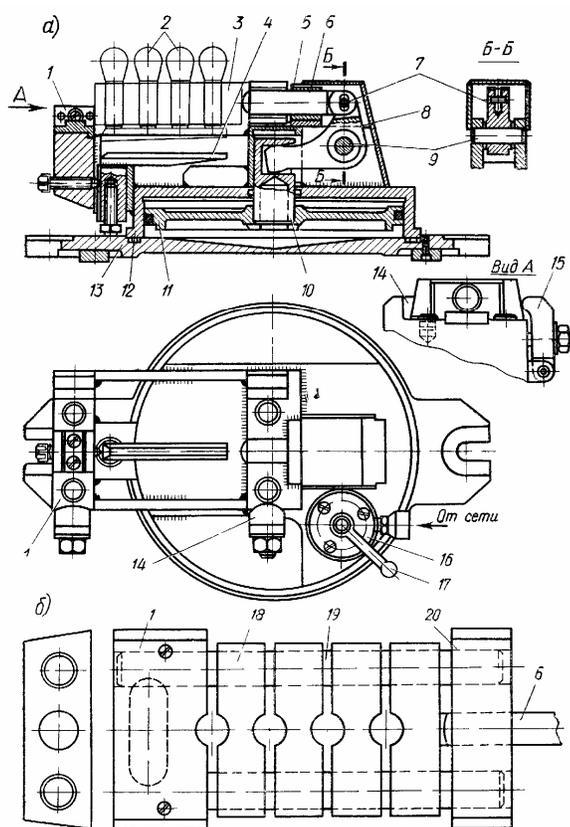


Рисунок 4.54 – Универсальное многоместное приспособление (а) и сменная наладка (б)

После обработки деталей рукоятка 17 распределительного крана 16 поворачивается в другую сторону, и сжатый воздух, подается в нижнюю полость пневмоцилиндра 12, перемещает поршень 11 со штоком 10 вверх.

При этом шток поворачивает рычаг 8 на оси и верхнее его плечо отводит палец 6 вправо, и обрабатываемые детали 2, установленные в подвижных губках 18, разжимаются и снимаются. Для правильной установки деталей по высоте применяется подвижный упор 4.

Поворотный стол, предназначенный для фрезерования по радиусу фасок, байонетных пазов и других, приведен на рис. 4.55. Заготовку устанавливают на оправку или непосредственно на поворотную часть 1. Вращение при обработке осуществляют маховичком 3 через червячную пару. Для установки на заданный угол поворота служат два подвижных упора 2, переставляемые по кольцевому пазу крышки стола.

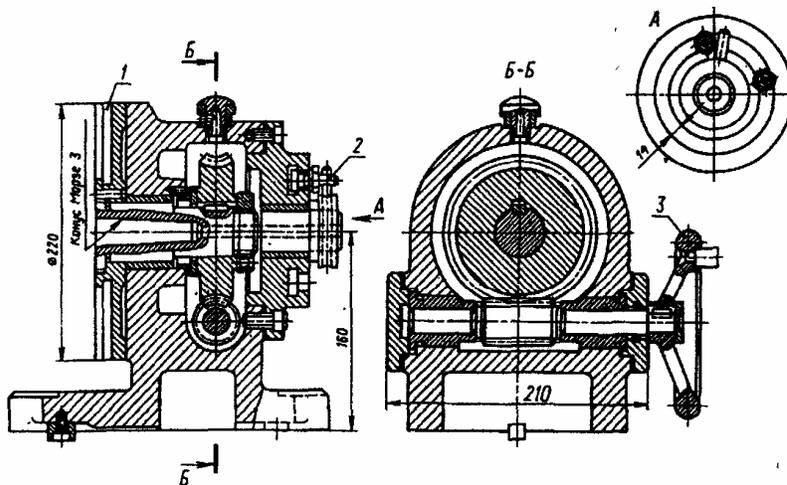


Рисунок 4.55 – Поворотный стол для фрезерования по радиусу

Приспособления для непрерывного фрезерования подразделяют на две разновидности: круглые поворотные столы с вертикальной или горизонтальной осью и поворотные многоместные приспособления для непрерывного фрезерования деталей.

Детали в наладках на поворотных столах можно закреплять вручную или от механизированного привода.

В массовом и крупносерийном производствах непрерывное фрезерование плоских поверхностей деталей различных типоразмеров производится на одно- и двухшпиндельных карусельно-фрезерных станках с круглым столом. На верхней поворотной части стола крепят сменные наладки или многоместные приспособления, в которых устанавливают и зажимают обрабатываемые детали. Непрерывное фрезерование плоскостей небольших деталей можно производить на универсально-фрезерных станках, оснащенных круглым вращающимся столом, на котором закреплены приспособления или сменные наладки.

В круглых столах поворот верхней части стола, а также зажим и разжим обрабатываемых деталей осуществляются пневматическими, гидравлическими или механическими приводами.

На рис. 5.56 приведено универсальное многоместное поворотное приспособление, которое применяют на карусельно-фрезерных станках для непрерывного фрезерования плоскостей на деталях типа колец, рычагов, небольших корпусов и т. д. Приспособление состоит из двух частей: нижней (неподвижной) и верхней (вращающейся). На вращающейся части поворотном столе 1 закреплен винтами 7 специальный узел, который состоит из круглых дисков 2 и 5, закрепленных винтами 9 на втулке 8. Для большей жесткости между дисками 2 и 5 установлены стойки 3 и 6.

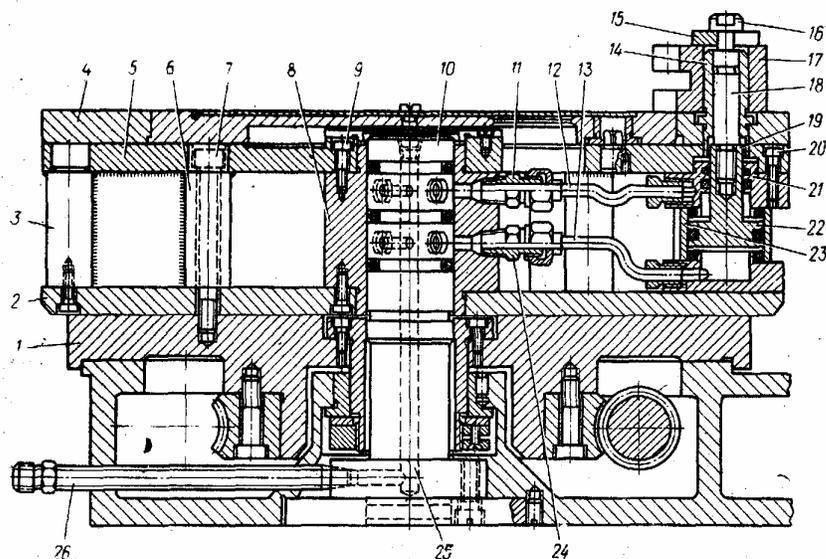


Рисунок 4.56 Многоместное приспособление с гидроприводом для фрезерных станков с вращающимся столом

Вращающуюся часть приспособления центрируют на неподвижной оси 10. На верхней плоскости диска 5 закреплен сменный диск 4 со сменными наладками втулками 14, на которых устанавливают и закрепляют обрабатываемые детали 17. В диске 5 имеется 12 отверстий, в которых установлены и закреплены винтами 20 фланцы 21 для крепления 12 гидроцилиндров 23. В неподвижной оси 10 имеется два вертикальных канала 25: один из них служит для подвода масла в полости гидроцилиндров, а другой – для отвода масла из полостей в гидроагрегат. Вертикальные каналы 25 в оси 10 через штуцеры 26 и резиновые шланги соединены с гидроагрегатом. Втулка 8 имеет два ряда радиально расположенных отверстий, в которые ввинчены штуцеры 11, 24 и трубопроводы 12 и 13 для подвода и отвода масла к полостям гидроцилиндров 23. Из гидроагрегата масло под давлением подается через штуцер 26 в один из вертикальных каналов 25 в оси 10. При вращении стола с обрабатываемыми деталями в направлении к фрезе верхнее горизонтальное отверстие в оси 10 соединяется с верхним отверстием во втулке 8, и масло через штуцер 11 по трубопроводу 12 поступает в верхнюю полость гидроцилиндра 23. Под давлением масла поршень 22 со штоком 19 и тягой 18 перемещается вниз и головкой 16 с быстросменной шайбой 15 зажимает обрабатываемую деталь 17.

Одновременно масло из нижней полости гидроцилиндра 23 вытесняется поршнем 22 и по трубопроводу 13, штуцеру 24 уходит в вертикальный канал 25 в оси 10. При непрерывном круговом вращении верхней части приспособления детали закреплены в сменных наладках. Пройдя зону обработки, они поступают в зону установки и снятия деталей. Во время прохождения каждой деталью этой зоны, нижнее, горизонтальное отверстие в оси 10 сопрягается с нижним отверстием во втулке 8 и масло через штуцер 24 и трубопровод 13 поступает в нижнюю полость гидроцилиндра 23. Масло поднимает поршень 22 со штоком 19 и тягой 18, и обрабатываемая деталь разжимается. Одновременно масло из верхней полости гидроцилиндра вытесняется и по каналу 12 и штуцеру 11 поступает во второй вертикальный канал 25 в оси 10. Следовательно, в данном приспособлении осуществляются автоматический зажим и разжим обрабатываемых деталей, устанавливаемых рабочим вручную в сменных наладках.

Приспособление можно применять на различных фрезерных станках, используя для непрерывного фрезерования деталей сменные наладки или приспособления, изготавливаемые в соответствии с формой и размерами обрабатываемых деталей.

На рис. 5.57 показано переналаживаемое приспособление с ручной установкой и съемом, автоматическим зажимом и разжимом обрабатываемых деталей. Его применяют для непрерывного фрезерования плоскостей различных деталей на карусельно-фрезерном двухшпиндельном станке. От редуктора передается вращение червячному валу 2, который вращает червячное колесо 5 вместе с закрепленным на нем столом 1. В корпус 4 нижним концом запрессован шлицевой вал 5, на верхнем конце которого закреплен плоский кулачок-копир 6.

При обработке деталей стол 1 вращается, роликовый подшипник 7 катится по профилю копира 6 и передвигает плунжер 10, который сжимает тарельчатые пружины 9, перемещает ползун 11 с кулачком 8 к обрабатываемой детали, и она прижимается к опоре 12. После обработки детали выходят из зоны фрезерования, роликовый подшипник 7 начинает сходить с копира 6. Пружины 9 расслабляются, а ползун 11 с кулачком 8 стержнем 13 под действием упора 14 перемещается к центру, и обрабатываемая деталь разжимается. Кулачок 8 можно переставлять на рифленой поверхности ползуна 11.

При замене кулачков 8 и стержней 13 можно устанавливать и зажимать детали различных типоразмеров. На рисунке внизу показаны секторы: I – установки и съема деталей (90°); II – зажима деталей (90°); III – обработки деталей (135°); IV – разжима деталей (45°). В соответствии с углом поворота этих секторов профилируется кулачок-копир 6.

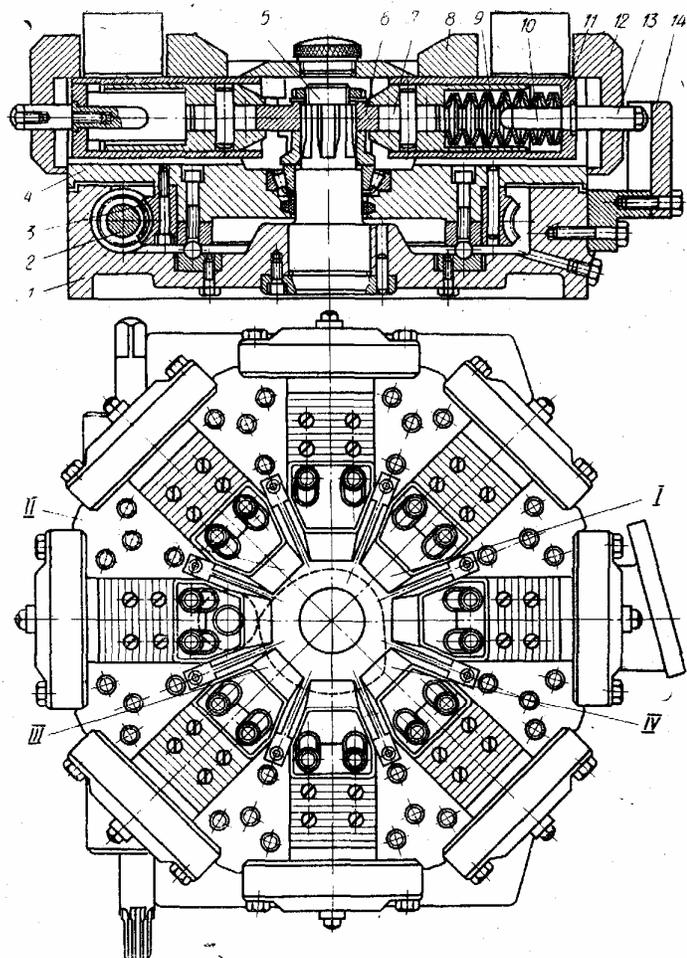


Рисунок 4.57 – Приспособление для непрерывного фрезерования

4.9 Приспособления для зубофрезерных станков

Материал, изучаемый в этом разделе, изложен в [2-5].

На рис. 4.58 показано приспособление для обработки набора двухвенцовых шестерен, закрепляемое на горизонтальном столе станка болтами, расположенными в Т-образных пазах. Предварительно приспособление центрируется втулкой 8, которая выполнена на 0,2 мм меньше по диаметру, чем центрирующая выточка стола зубофрезерного станка, а окончательно выверяется по наружной поверхности втулки 1 с точностью 0,005 мм.

Зубчатые колеса центрируются втулкой 1 и прижимаются наружными венцами к опорному кольцу 7 гайкой 3 через прижимную шайбу 5 и промежуточную шайбу 6. Толщина последней выбрана с таким расчетом, чтобы обеспечивалось прилегание по торцам наружных венцов зубчатых колес. Внутренний венец одного зубчатого колеса при этом помещается в отверстие кольца 7, а второго - в выемке прижимной шайбы. Для быстроты перезарядки приспособления на прижимной шайбе 5 смонтирована откидная шайба 2, а для удобства и облегчения съема и надевания прижимной шайбы 5

к ней приварены две ручки 4. В промежуточной шайбе 6 имеются два пальца, которые благодаря наличию отверстий в венцах зубчатых колес ориентируют их в радиальном направлении.

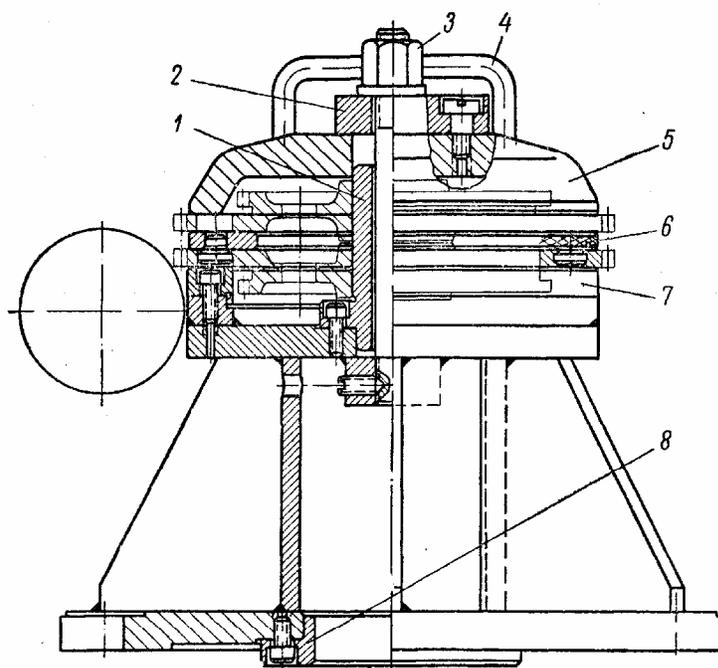


Рисунок 4.58 – Приспособление для фрезерования зубьев набора двухвенцовых шестерен

При проектировании специальных приспособлений для фрезерования цилиндрических зубчатых колес часто приходится использовать одни и те же центрирующие и зажимные элементы. Поэтому для сокращения специальной оснастки, облегчения труда рабочего и дальнейшего сокращения затрат времени на закрепление и открепление обрабатываемых деталей был спроектирован диафрагменный пневматический стол (рис. 4.59) со сменными центрирующими устройствами, устанавливаемыми на нем.

Стол состоит из чугунного корпуса 3, воздухоприемника 4 с уплотнительными резиновыми кольцами круглого сечения и резиновой диафрагмы 2, развивающей тяговое усилие около 27000 Н. Сжатый воздух подводится через воздухоприемник 4, который от проворота удерживается стержнем 11, а от съема — кольцом 10.

Воздух, попадая через воздухоприемник в верхнюю полость пневмокамеры, опускает диафрагму 2 со штоком 8 и тягой 7 вниз и при помощи съемной шайбы закрепляет зубчатые колеса. При переключении крана и выпуске сжатого воздуха из верхней полости в атмосферу система приходит в исходное положение под действием пружины 9. Ход тяги 7—8 мм.

Сменные съемные устройства центрируются по внутреннему диаметру кольца 5 и крепятся винтами 6 к корпусу приспособления.

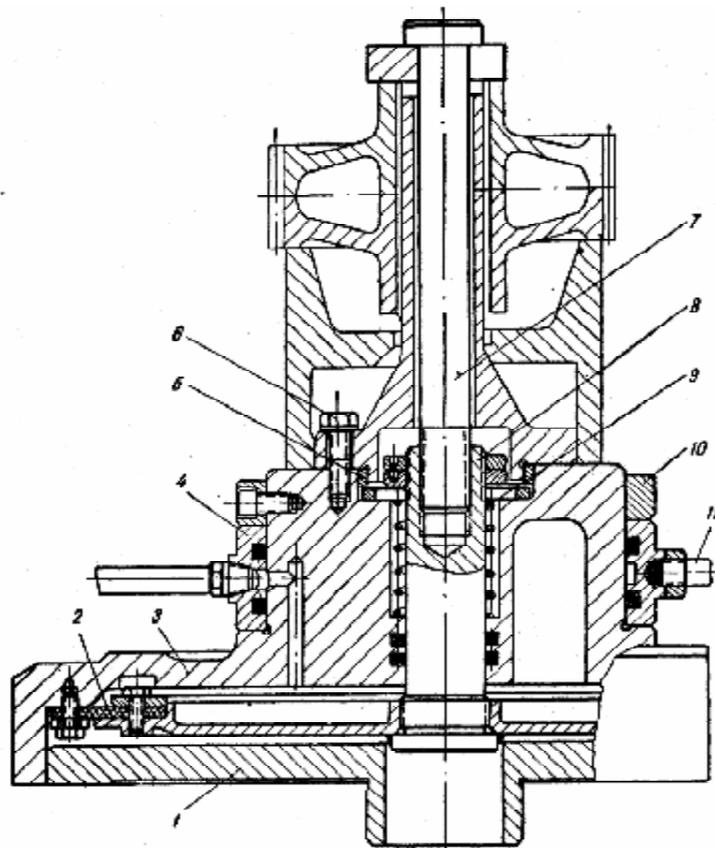


Рисунок 4.59 - Диафрагменный пневматический стол

Предварительно приспособление центрируется диском 1, который выполнен на 0,2 мм меньше по диаметру, чем кольцевая выточка в корпусе приспособления. Окончательно приспособление выверяется индикатором по базовой поверхности сменного центрирующего устройства.

На рис. 4.60 приведено приспособление для зубофрезерного станка модели 5А326. Оно предназначено для фрезерования зубьев у пакета зубчатых колес. Закрепление и открепление обрабатываемых деталей производятся при помощи пневматического привода. Приспособление состоит из чугунного корпуса 1 со встроенным пневматическим цилиндром, плавающего стакана 8 с клиньями 9 и закладной шайбы 7. Центрирование деталей производится предварительно при помощи шести шпонок 6, расположенных равномерно по окружности и шлифованных, а окончательно — под действием пружины 4 — тремя клиньями 9, находящимися в Т-образных пазах плавающего стакана 8. Подача сжатого воздуха в полости пневмоцилиндра производится через воздухоприемник, неподвижно закрепленный на столе фрезерного станка. Внутри корпуса 10 воздухоприемника расположен на шарикоподшипниках распределитель 11, удерживаемый от проворота воздухопроводной трубой 12, прикрепленной внизу к части станка. Во втулке 13, запрессованной в корпусе 10, находится распределитель, оснащенный двухрядным уплотнением из асбестографитового шнура с кольцевой резиной. Для закрепления и центрирования

обрабатываемых деталей подача сжатого воздуха производится в верхнюю полость пневмоцилиндра по трубе меньшего диаметра, а для открепления деталей сжатый воздух по трубе 12 через распределитель 11 и далее по соответствующим каналам направляется в нижнюю полость пневмоцилиндра.

Приспособление работает следующим образом. Пакет деталей устанавливают в приспособление и надевают съемную шайбу 7 (как показано

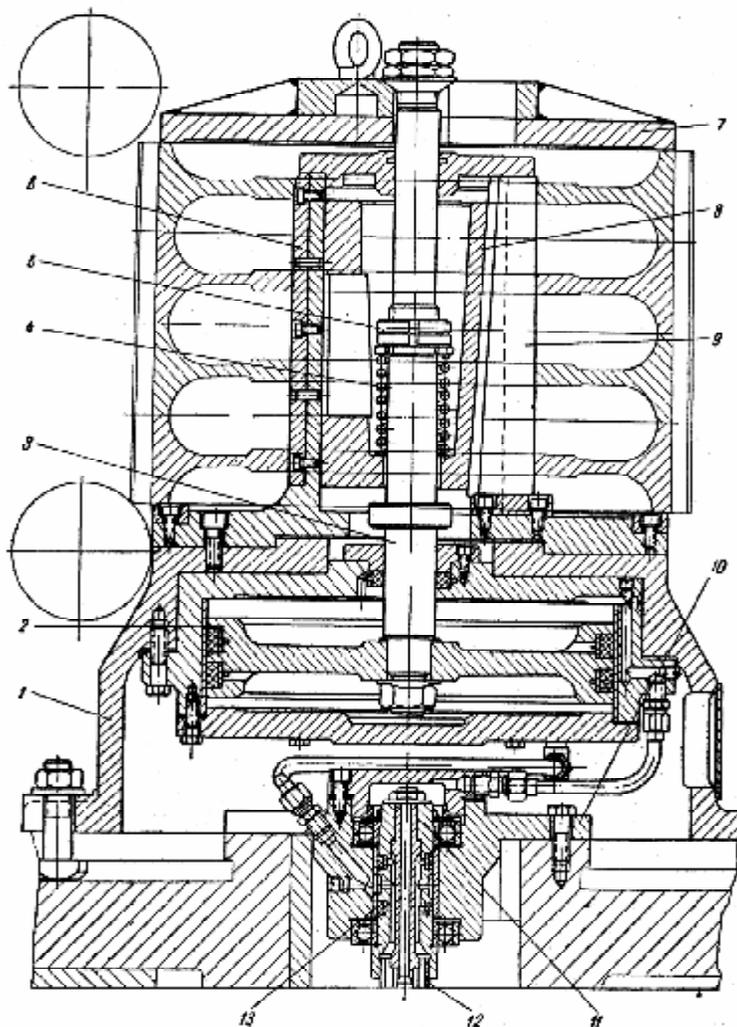


Рисунок 4.60 – Приспособление для фрезерования зубьев

на рисунке). Затем поворотом рукоятки крана включают пневматику на зажим, т. е. направляют сжатый воздух в верхнюю полость пневмоцилиндра. При этом поршень 2 со штоком 3 перемещается вниз и гайка 5 сжимает пружину 4, которая, воздействуя на плавающий стакан 8, перемещает его вниз и с помощью клиньев 9 окончательно центрирует установленные детали. При дальнейшем опускании штока за счет сжатия пружины 4, происходит закрепление установленных деталей съемной шайбой 7.

Для открепления деталей воздух направляют в нижнюю полость пневмоцилиндра. При этом поршень 2 со штоком 3 перемещается вверх и

позволяет снять шайбу 7. При дальнейшем подъеме штока имеющийся на нем бурт поднимает плавающий стакан 8, и благодаря наличию Т-образных пазов, клинья 9 перемещаются к центру, освобождая установленные детали.

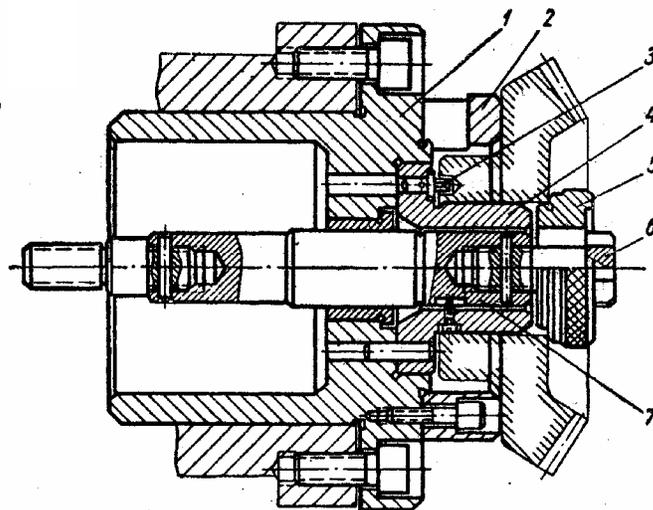


Рисунок 4.61 - Оправка для обработки конического зубчатого колеса

Приспособления к станкам для обработки конических колес обычно проектируются в виде оправок. При этом обрабатываемая деталь зажимается либо ключом при помощи гайки, либо пневматически при помощи тяги. Для повышения жесткости оправок, влияющей на чистоту и точность геометрии зубьев, их рекомендуется делать массивными. На торце зубчатых колес, обрабатываемых на зуборезных станках, обычно сверлят технологическое отверстие под поводок для предохранения изделия от проворачивания. Одна из таких оправок для обработки зубчатого колеса на станке модели 528 приведена на рис. 4.61.

Обрабатываемая деталь надевается на шейку фланца 4 оправки 1 и закрепляется перемещением штока 7, получающего движение от пневматического цилиндра через шайбу 5. Чтобы шайбу 5, расположенную в глубине зубчатого колеса, можно было снять, ее поворачивают до совмещения трех пазов с тремя шипами, имеющийся на головке болта 6. Зубчатое колесо устанавливается на шейке фланца 4 по посадке движения и досылается до опорного торца кольца 2. Для предохранения детали от проворачивания во время нарезания зубьев предусмотрен ромбический палец 3, запрессованный во фланец 4.

4.10 Техничко-экономические расчеты при проектировании приспособлений.

Материал, изучаемый в этом разделе, изложен в [6, 10].

Метод указаниями РД 50-533-85 установлены технико-экономические показатели и методика расчета экономической эффективности применения технической оснастки.

Согласно этих указаний рекомендуется использовать два показателя:

- коэффициент загрузки единицы технологической оснастки (K_3);
- затраты на оснащение технологических операций изготовления изделий (P).

Коэффициент загрузки единицы технологической оснастки K_3 определяется по формуле:

$$K_3 = \frac{T_{шт} \cdot N}{F_0},$$

где $T_{шт}$ – штучно-калькуляционное время выполнения технологической операции; N – планируемая месячная программа на единицу оснастки (количество повторов операций); F_0 – месячный фонд времени работы оснастки (станка).

При $K_3 \geq 0,8$ необходимо использовать еще одно приспособление.

Затраты на оснащение технологических операций изготовления изделий P определяют по формуле в зависимости от типа приспособления.

Для неразборных специальных приспособлений (НСП):

$$P_{НСП} = \frac{C_{НСП}}{П_{ог}},$$

где: $C_{НСП}$ – себестоимость приспособления; $П_{ог}$ – количество сгруппированных на приспособления операций (при групповой обработке).

Для универсально-наладочных приспособлений (УНП) (СНП):

$$P_{\left(\begin{smallmatrix} УНП \\ СНП \end{smallmatrix}\right)} = C_H + \frac{A_{УНП,СНП}}{П_о},$$

где C_H – себестоимость изготовления наладки (сменной части); $A_{УНП,СНП}$ – амортизационные отчисления за постоянную часть; $П_о$ – количество наладок, закрепленных за постоянной частью.

Для универсально-сборных приспособлений (УСП):

а) если УСП является специальным приспособлением:

$$P_{УСП} = \left(C_B \cdot П_C + \frac{A_{УСП}}{П_H} \right) T,$$

где $C_{УСП}$ – себестоимость сборки компоновки УСП; T – время нахождения изделия в производстве; $П_C$ – количество сборок в анализируемый период; C_B – затраты за время эксплуатации при использовании оснастки; $A_{УСП}$ – годовые амортизационные отчисления на элементы компоновки УСП; $П_H$ – нормативное количество сборок в год.

б) если УСП в виде наладочного приспособления:

$$P_{УСПн} = C_H \left(\frac{C_C \cdot П_C}{П_о} + \frac{A_{УНП} \cdot П_C}{П_H \cdot П_о} \right) T,$$

где C_H – себестоимость изготовления наладки, грн.; $П_о$ – количество закрепленных наладок, шт; $П_H$ – нормативное количество сборок в год; C_C – стоимость сборки приспособления, грн.; $П_C$ – количество сборок

(действительное); $A_{УСП}$ – годовые амортизационные отчисления на элементы УСП; T – время нахождения изделия в производстве.

Сборно-разборное приспособление (СРП):

а) если СРП – специальное приспособление:

$$P_{СРП} = \frac{C_H + C_C + A_{СРП} \cdot T}{\Pi_0},$$

где C_H – себестоимость изготовления специальных деталей, грн.; C_C – стоимость сборки приспособления, грн.

б) если СРП как наладочное приспособление:

$$P_{СРПн} = C_H \frac{C_C + A_{СРП} \cdot T}{\Pi_0}.$$

Для универсально-безналадочных приспособлений (УБП):

$$P_{УБП} = \frac{A_{УБП} \cdot T}{\Pi_K},$$

где $A_{УБП}$ – амортизационные отчисления, грн.; Π_K – количество оснащаемых операций; T – время нахождения изделия в производстве, год.

Эффективности применения технологической оснастки может оцениваться двумя методами:

1. Согласно ГОСТ 14.305 – 73 путем сопоставления фактических затрат (по результатам внедрения) с плановыми;

2. Путем сопоставления экономии от применения приспособления с затратами на его изготовление и эксплуатацию. В этом случае условие эффективного использования приспособления выражается формулой:

$$\mathcal{E} \geq P$$

где \mathcal{E} – ожидаемая экономия от внедрения приспособления; P – затраты на приспособление;

$$\mathcal{E} = (T_{шт} - T_{шт}^{\Pi}) \cdot a_M \cdot N \cdot q,$$

где $T_{шт}$ – штучно-калькуляционное время выполнения операции без приспособления или в существующем приспособлении, мин; $T_{шт}^{\Pi}$ – ожидаемое штучно-калькуляционное время на операции после внедрения проектируемого приспособления; a_M – себестоимость одной станко-минуты, грн./мин; N – планируемая месячная программа; q – число месяцев работы.

$$a_M = a_{пер} + a_{П.П} + a_{пост},$$

где: $a_{пер}$ – переменные затраты, пропорциональные изменению времени обработки (они включают в себя заработную плату производственных рабочих с начислениями на нее); $a_{П.П}$ – перемено-постоянные затраты, которые также изменяются пропорционально времени обработки (сюда входят затраты на амортизацию и эксплуатацию станка и универсальных приспособлений); $a_{пост}$ – прочие (косвенные) постоянные ценовые расходы, которые остаются постоянными.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕ-
ДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) ДГТУ в г. Азове

Кафедра «Технология машиностроения»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

по дисциплине

Технологическая оснастка

для направления

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

Составитель: доцент Шишкина А.П.

Азов
2021

1. Цели и задачи

Изучение курса «Технологическая оснастка» завершается выполнением курсовой работы, который направлен на:

- закрепление студентами теоретических знаний, полученных при изучении курса «Технологическая оснастка»;
- развитие способностей применять теоретические знания при проектировании технологической оснастки для операций технологического процесса;
- приобретение практических навыков при выборе оснастки для технологических процессов.

Успешное выполнение курсовой работы во многом определяется степенью инициативности, самостоятельности и организованности, проявленной студентами при ее выполнении.

2. Тематика курсовых работ

Тематика курсовой работы связана со спецификой проектирования технологической оснастки на операции механической обработки деталей. В курсовом проекте, как правило, студенту предлагается спроектировать приспособление для установки и закрепления заготовки (детали), а также контроля ее на одной из операций технологического процесса механической обработки, сборки сборочной единицы (СЕ). Примеры тем курсовых работ:

1. Приспособление для фрезерования лапок корпуса подшипника на горизонтально-фрезерном станке.
2. Приспособление для сборки корпуса редуктора планетарного.
3. Приспособление для контроля (указываются конкретные параметры точности) корпуса стартера.

В качестве исходных данных для выполнения курсовой работы студент должен иметь:

- задание на специальном бланке (приложение 1), которое выдается до начала курсового проектирования;
- чертеж детали (или СЕ);
- чертеж заготовки.
- технологический процесс изготовления детали (или сборки изделия).

3. Объем и содержание курсовой работы

Курсовая работа состоит из пояснительной записки и графической части. Ориентировочный объем проекта:

1. Текст пояснительной записки - 25-30 рукописных или набранных страниц.
2. Графическая часть - 1 лист формата А1.

Оформление пояснительной записки и графической части работы должно соответствовать требованиям ЕСКД и СТП АТИ

Рекомендуемое содержание пояснительной записки

Ведение.

1. Анализ исходных данных

1.1 Технологический анализ детали

1.2 Технологическая характеристика станка

1.3 Разработка теоретической схемы базирования заготовки

1.4 Расчет погрешности базирования

2 Проектно-конструкторская часть

2.1 Описание приспособление

2.2 Разработка схемы действия сил и определение величины силы зажима заготовки

2.3 Выбор конструкции зажимного механизма и расчет параметров силового привода

Список литературы и нормативных документов

Приложения спецификация на сборочный чертеж

Графическая часть проекта выполняется на ватмане в карандаше в объеме 2-х листов формата А1 или в программе Компас, размер пояснительной записки 20 - 25 страниц рукописного текста формата А4. Оформление всех элементов проекта (размеры форматов, буквенные обозначения, расположение проекции, шрифты, штриховка и т.д.) должно быть выполнено в соответствии с действующей ЕСКД.

Основные изображения на рабочих чертежах по возможности выполняются в натуральную величину, так как это позволяет наиболее полно представить действительные размеры и форму проектируемого приспособления. Разрезы и сечения на рабочих чертежах, поясняющие форму и геометрические параметры, должны быть выполнены в увеличенном масштабе, достаточном для четкого выявления конструктивных особенностей изображаемых объектов.

Расчетные схемы и графические построения профилей выполняются в увеличенном масштабе, величина которого устанавливается в зависимости от требуемой точности построения.

Рабочие чертежи проектируемых приспособлений, кроме изображения основных проекций, разрезов и сечений, должны иметь все необходимые размеры, допуски на размеры, обозначение классов шероховатости поверхности, данные о материале и твердости отдельных частей, а также технические требования к готовому приспособлению для контроля, регулировки, переточек, испытаний т.п. Каждый чертеж должен иметь в правом нижнем углу угловой штамп.

4. Методические указания по выполнению пояснительной записки

Титульный лист оформляется согласно СТП АТИ.

Задание выдается руководителем курсовой работы в соответствии с темой, утвержденной приказом директора АТИ ДГТУ. Задание подписывает руководитель

проекта и студент, принявший его к исполнению. Форма задания показана с СТП АТИ.

На страницу «Содержание» выносятся заголовки всех разделов курсовой работы и приложения. Сквозные номера окончательно вписываются после оформления всего проекта.

Во введении расчетно-пояснительной записки, наряду с общими положениями, принятыми при разработке конструкций приспособления, включается определение приспособления, достоинства применения приспособлений, основные группы приспособлений, описывается, к какой группе относится приспособление, что нового внесет в производственный процесс проектируемое приспособление.

1. Анализ исходных данных включает в себя:

1.1 Технологический анализ детали - назначение детали; работа в узле; материал и физико-механические свойства материала; описание наружных и внутренних поверхностей: к какому классу точности принадлежит, наивысший класс точности наружных и внутренних поверхностей, наивысший класс чистоты поверхностей, точности расположения поверхностей относительно друг друга; предполагаемые установочные, опорные, направляющие базы; вывод о технологичности детали (при установке технологичности руководствоваться следующими показателями: вид и форма исходной заготовки, обрабатываемость материала).

1.2 Разработка теоретической схемы базирования заготовки, что понимается под установкой заготовки в приспособление, правило шести точек, основные требования при установке заготовки, основные требования по расположению точек сил зажима, определение установочной, направляющих, опорных баз, две схемы базирования с указанием обозначений баз по ГОСТ, описание баз заданной детали.

1.3 Расчет погрешности базирования - определение технологической, измерительной, конструкторской баз; описание общей методики расчета погрешности базирования; эскиз установки заготовки в приспособление (фрагмент установочных элементов приспособления с указанием размеров базирующих элементов приспособления, размеров обрабатываемых поверхностей); выбор формулы базирования из справочников. вывод (погрешность базирования должна иметь меньше допуска на получаемый размер).

2. Проектно-конструкторская часть включает:

2.1 Описание приспособления - наименование, назначение, состав, сборка приспособления, установка детали в приспособление с описанием деталей в приспособлении в качестве баз, установка приспособления на станке.

2.2 Разработка схемы действия сил и определение величины силы зажима заготовки - назначение зажимных элементов; требования к зажимным элементам; общая методика определения сил зажима; расчетная схема; расчет: расчетная формула, описание сил действующих в приспособлении, расчет сил резания, расчет сил зажима.

2.3 Выбор конструкции зажимного механизма и расчет параметров силового привода - описание работы зажимного механизма, расчетная схема, расчет усилия

зажима $R_{\text{факт}}$; сравнение $R_{\text{факт}}$ с $R_{\text{расч}}$, расчет основных параметров зажимного механизма.

Расчетно-пояснительная записка должна быть составлена кратко, разборчиво написана и изложена хорошим литературным языком. Расчеты должны содержать исходные формулы, подстановку соответствующих цифровых величин, промежуточные действия преобразования, достаточные для проверки без дополнительных расчетов.

Все принимаемые студентом решения по выбору конструктивных параметров проектируемого приспособления должны быть обоснованы.

Рекомендуется в тексте расчетно-пояснительной записки помещать графики, схемы, дополняющие текст и расчеты. Принятые нормативные, табличные и другие данные должны сопровождаться ссылкой на источники. Рекомендуется для этой цели пользоваться ГОСТами другими официальными справочными материалами.

5. Требования к оформлению текста и графической части проекта

Текст пояснительной записки разбивается на разделы. Каждый раздел начинают с нового листа. Разделы при необходимости разделяют на подразделы и пункты.

Разделы и подразделы должны быть пронумерованы. Порядковые номера разделов в пределах всего документа обозначают арабскими цифрами с точкой. Номера подразделов в пределах каждого раздела образуются из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. Разделы и подразделы должны иметь краткое и содержательное наименование.

Пункты нумеруют в пределах подраздела. Номер пункта состоит из номера подраздела и порядкового номера, разделенных точкой. Пункты при необходимости могут быть разбиты на подпункты, которые нумеруются в пределах каждого пункта, например; 3.2.7.1, 3.2.7.2, 3.2.7.3 и т.д. Перечисление требований, указаний, положений в пункте или подпункте обозначается цифрами со скобкой, например: 1), 2), 3) и т.д.

Иллюстрации и таблицы в тексте записки должны быть пронумерованы. Номер иллюстрации (таблицы) состоит из номера раздела и порядкового номера рисунка (таблицы), разделенных точкой, например: Рис. 1.2, Табл. 2.3 и т.п. Если в разделе один рисунок (таблица), его не нумеруют.

Курсовая работа должен быть написан грамотно и четко на одной стороне стандартного листа А4. Каждая страница должна иметь надписи по ГОСТ 2.105-95.

Все расчёты должны сопровождаться ссылками на источники, из которых взяты формулы, коэффициенты и другие данные с указанием страниц. Страницы должны быть пронумерованы, сшиты и снабжены обложкой. Для иллюстрации изложенного материала необходимо приводить рисунки, схемы, эскизы, пронумеровать их. Все расчеты должны сопровождаться ссылками на источники, из которых взяты формулы, коэффициенты, элементы приспособления и средств механизации, а также другие данные, с указанием страниц и таблиц.

Текст записки Шрифт - Times New Roman -14

В тексте записки – интервал 1.5, оформление в абзац: перед и после -0, отступ -0,0; первая строка -0,7, выравнивание по ширине

Заголовки разделов жирным текстом. После заголовка перед текстом – 1 пробел. После текста перед заголовком -2 пробела. Между заголовками 1 пробел. Название рисунков - выравнивание по середине. Формулы - выравнивание по правому краю. № формул или рисунков по порядку 1,2,3... Таблицы: Текст - Шрифт - 12 или 14, интервал-1 или 1,5. Заголовок таблицы с красной строки -0,7, 14 шрифт, 1,5 интервал. Если надо разделить перенести на другую страницу таблицу. После шапки добавляют строку с № 1 2 3 4. Разделяют таблицу и пишут: «Продолжение таблицы 1.3» с красной строки -0,7, 14 шрифт, 1,5 интервал. Первая строка таблицы после переноса с № 1 2 3 4. После таблицы 1 пробел.

Таблица 1- Характеристика поверхностей детали «Фланец»

Обозначение поверхности	Наименование поверхности	Кол-во поверхностей	Кол. униф. поверхностей	Квалитет точности	Шероховатость поверхности R_a , мкм
2	D=160 h8	1	1	8	1,6
8	Внешний торец уступа $\varnothing 198 \times \varnothing 120$	1	-	14	12,5

Пояснительная записка сшивается в следующей последовательности:

титульный лист (первый лист КП);

опись папки;

задание на курсовая работа;

ведомость проекта;

титульный лист (первый лист ПЗ);

содержание (заглавный лист ПЗ);

введение;

разделы по основной теме в соответствии с заданием на проект (расчеты соответствующих инструментов);

заключение;

список литературы и нормативных документов;

приложения.

На заглавном листе пояснительной записки размещают структурную часть (ПЗ) «Содержание». На последующих листах - весь основной текст (ПЗ).

6. Порядок защиты

К защите допускаются студенты, которые полностью выполнили и оформили курсовая работа. При оценке курсовой работы учитывается степень самостоятельности ее выполнения, объем работ, содержание, оформление, усвоения теоретического материала и умение применять его при решении практических задач. Защищенный курсовая работа сдается на кафедру.

Министерство образования Российской Федерации
Азовский технологический институт

**Проектирование технологической документации
с использованием CAD/CAM-системы ADEM**

Методические указания к практической работе 6
по курсу «Современные системы CAD-CAE» для студентов дневной формы
обучения специальности Технология машиностроения

Азов
2019

Составитель: Д.С. Загутин
А.С. Тимофеев
Научный редактор

Практическая работа №6

Тема: Создание 3D-модели резца в САПР Autodesk Inventor

Время практической работы: 4 часа

6.1 Цель работы

Проектирование 3D-модели резца по выданному образцу в Autodesk Inventor.

6.2 Теоретическое введение

Конструкция токарного резца

В конструкции любого резца, используемого для токарной обработки, можно выделить два основных элемента:

- 1) державка, с помощью которой инструмент фиксируется на станке;
- 2) рабочая головка, посредством которой выполняется обработка металла.

Рабочую головку инструмента формируют несколько плоскостей, а также режущих кромок, угол заточки которых зависит от характеристик материала изготовления заготовки и типа обработки. Державка резца может быть выполнена в двух вариантах своего поперечного сечения: квадрат и прямоугольник (рисунок 6.2.1).

По своей конструкции, резцы для токарной обработки подразделяются на следующие виды:

- прямые – инструменты, у которых державка вместе с их рабочей головкой располагаются на одной оси либо на двух, но параллельных друг другу;
- изогнутые резцы – если посмотреть на такой инструмент сбоку, то явно видно, что его державка изогнута;
- отогнутые – отгиб рабочей головки таких инструментов по отношению к оси державки заметен, если посмотреть на них сверху;
- оттянутые – у таких резцов ширина рабочей головки меньше, чем ширина державки. Ось рабочей головки такого резца может совпадать с осью державки либо быть относительно нее смещенной.

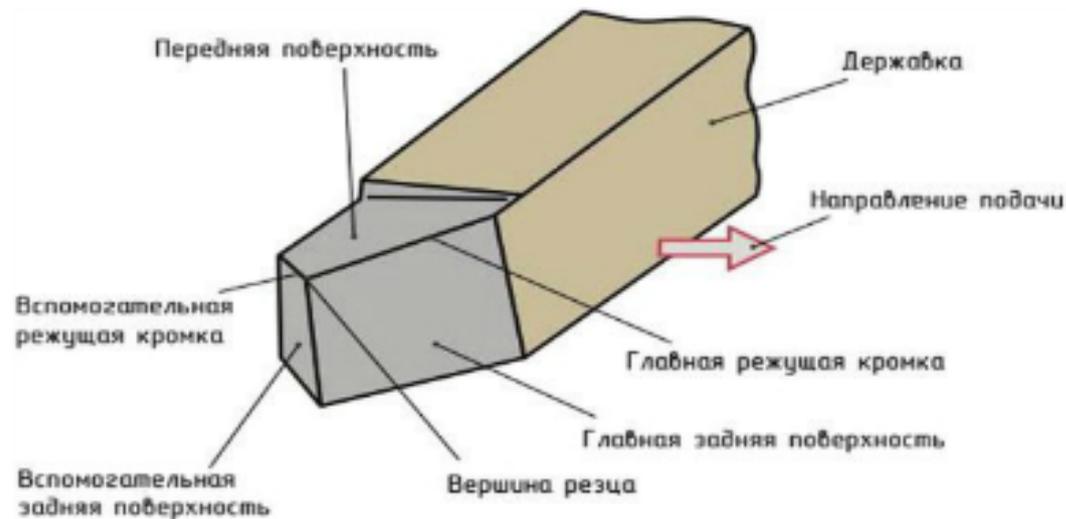


Рисунок 6.2.1 – Конструкция резца

Классификация токарных резцов регламентируется требованиями соответствующего ГОСТа. Согласно положениям данного документа, резцы причисляются к одной из следующих категорий:

- цельный инструмент, полностью изготовленный из легированной стали. Существуют также резцы, которые изготавливаются целиком из инструментальной стали, но используются они крайне редко;
- резцы, на рабочую часть которых наплавляется пластина, выполненная из твердого сплава. Инструменты данного типа получили наибольшее распространение;
- резцы со съемными твердосплавными пластинами, которые крепятся к их рабочей головке с помощью специальных винтов или прижимов. Используются резцы данного типа значительно реже по сравнению с инструментами других категорий.

Виды токарных резцов по металлу

Ниже приведены:

- проходные прямые резцы;
- проходные отогнутые резцы;
- проходные упорные отогнутые резцы;
- подрезные отогнутые резцы;
- отрезные резцы;
- резьбонарезные резцы для наружной резьбы;
- резцы для нарезания внутренней резьбы;
- расточные резцы для обработки глухих отверстий;
- расточные резцы для обработки сквозных отверстий.

6.3 Используемое оборудование

Компьютерный класс с необходимым для проведения лабораторной работы количеством персональных компьютеров, на которых установлена студенческая версия программного обеспечения Autodesk Inventor. Проектор для визуализации этапов проведения лабораторной работы.

6.4 Порядок выполнения работы

- 1 Краткое сообщение преподавателя, проводящего лабораторную работу, о основных параметрах и отличительных особенностях резцов.
- 2 Включить компьютер и загрузить программу Autodesk Inventor.
- 3 Взять себе образец резца и штангенциркуль для снятия параметров
- 4 Выполнить лабораторную работу, получив заданную 3D-модель и чертеж в программе Autodesk Inventor.

6.5 Пример выполнения лабораторной работы на одном из вариантов 3D-модели

Для начала работы необходимо выбрать команду «Создать 2D-эскиз» на панели инструментов и плоскость для построения эскиза ZX. После этого с помощью команды «Прямоугольник» построить эскиз и выдавить его на необходимую высоту.

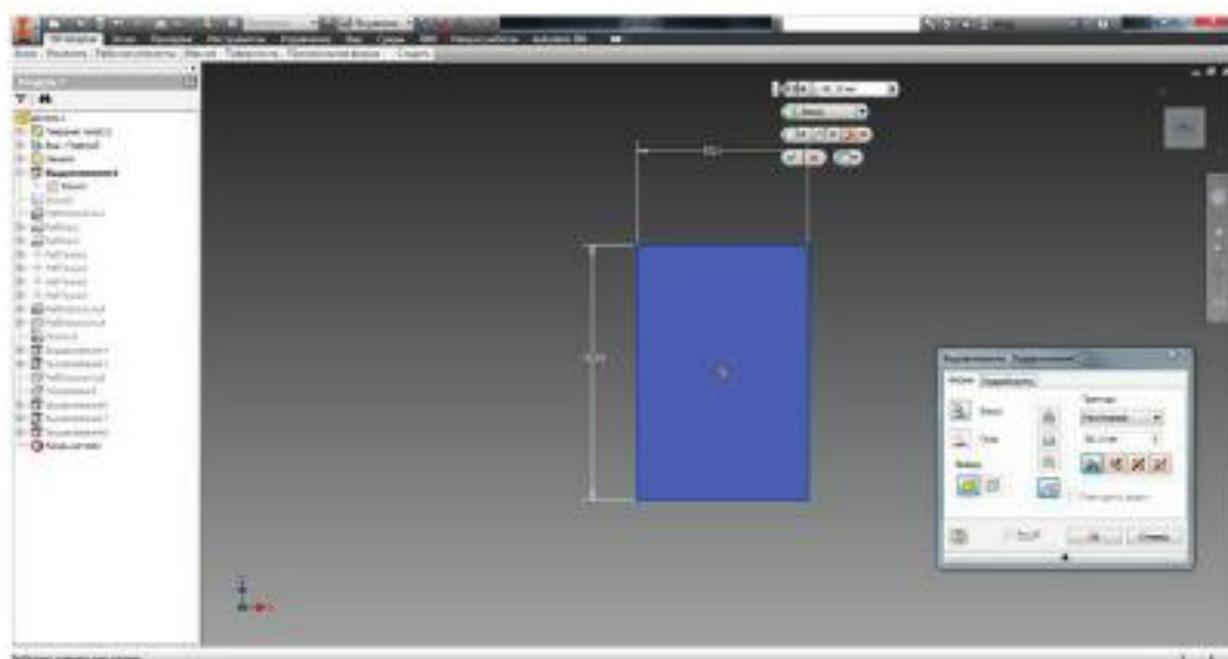


Рисунок 6.5.1 – Создание начального эскиза держателя резца

Далее необходимо создать такой набор вспомогательных элементов (плоскостей, прямых, точек), который позволит произвести обработку держателя резца до заданных параметров. Для этого создаем эскиз по снятым ранее параметрам держателя (рисунок 6.5.1).

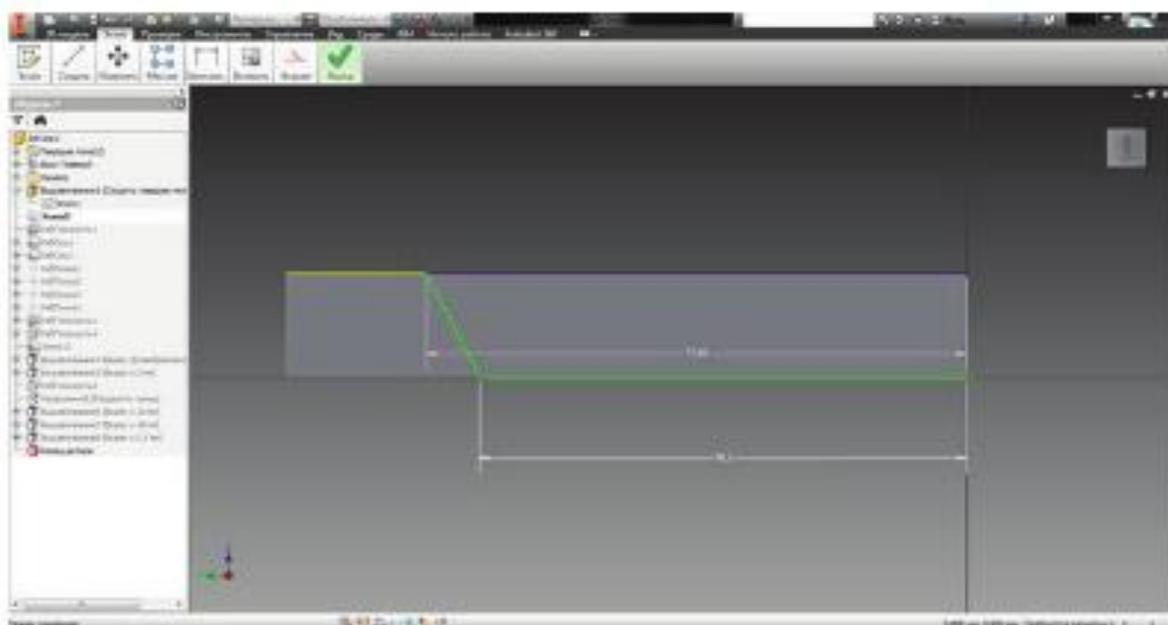


Рисунок 6.5.2 – Создание эскиза для набора вспомогательных элементов

Создаем вспомогательную плоскость, с помощью команды «Угол к плоскости вокруг ребра», предварительно измерив действительный угол на резце (рисунок 6.5.2).

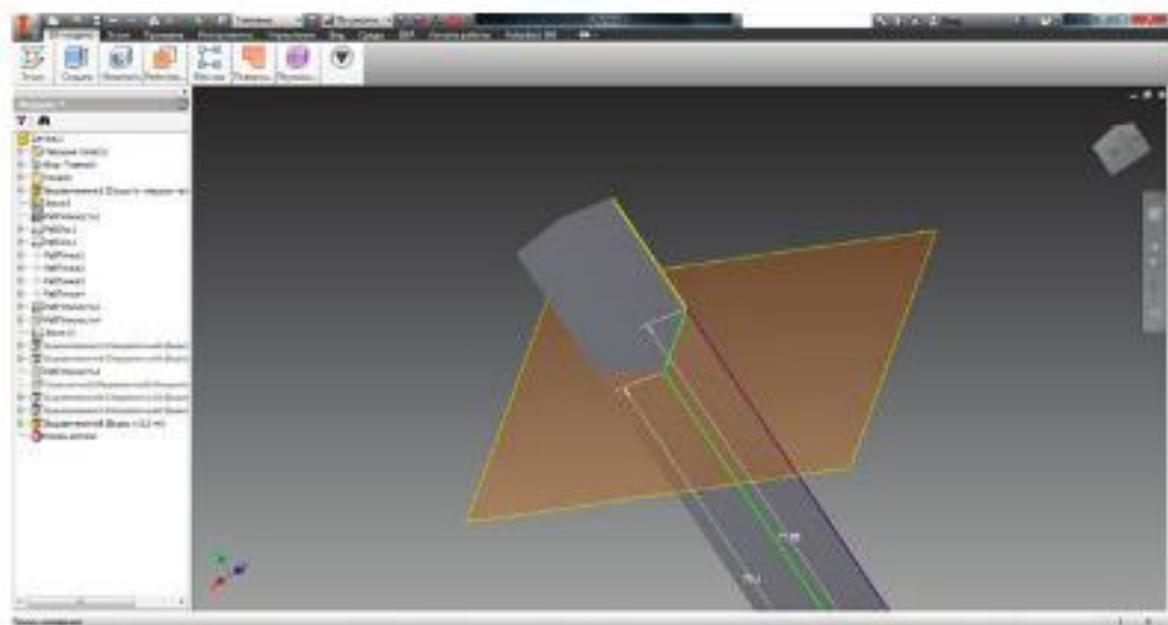


Рисунок 6.5.3 – Результат операции «Плоскость»

Далее создадим вспомогательные прямые и точки, находящиеся на пересечении плоскости, в созданной ранее вспомогательной плоскости, и поверхностей держателя резца (рисунок 6.5.3).

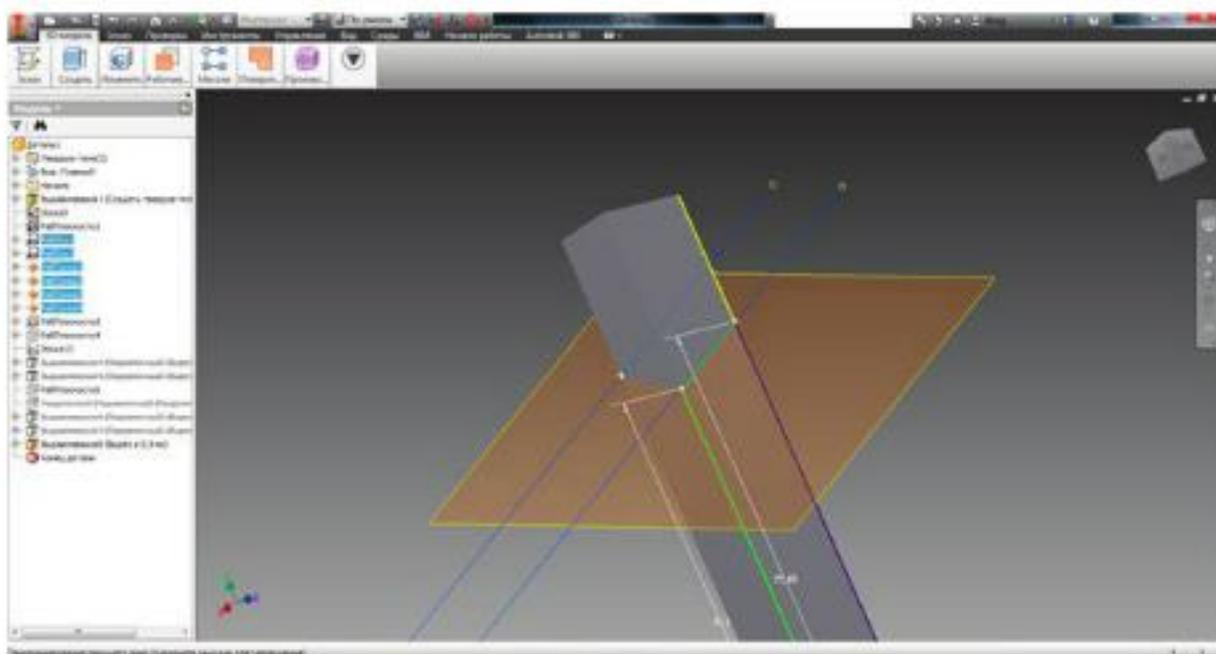


Рисунок 6.5.4 – Создание набора вспомогательных элементов

Следующим этапом создаем плоскость вокруг ребра, представленного линией, на задней поверхности держателя, после чего параллельным переносом передвигаем ее на необходимое расстояние (рисунок 6.5.4).

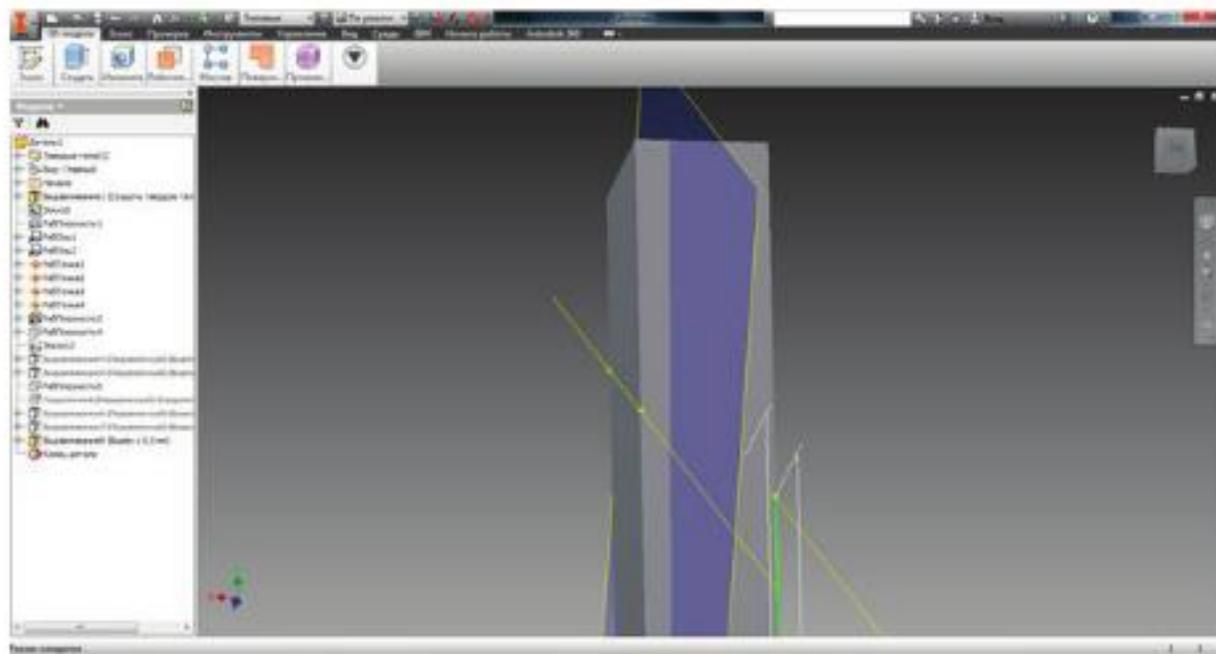


Рисунок 6.5.5 – Плоскость под углом

Создадим еще одну плоскость, перпендикулярную предыдущей и проходящей через прямую, образованную пересечением плоскостей торца держателя и плоскостью, созданной ранее (рисунок 6.5.5).

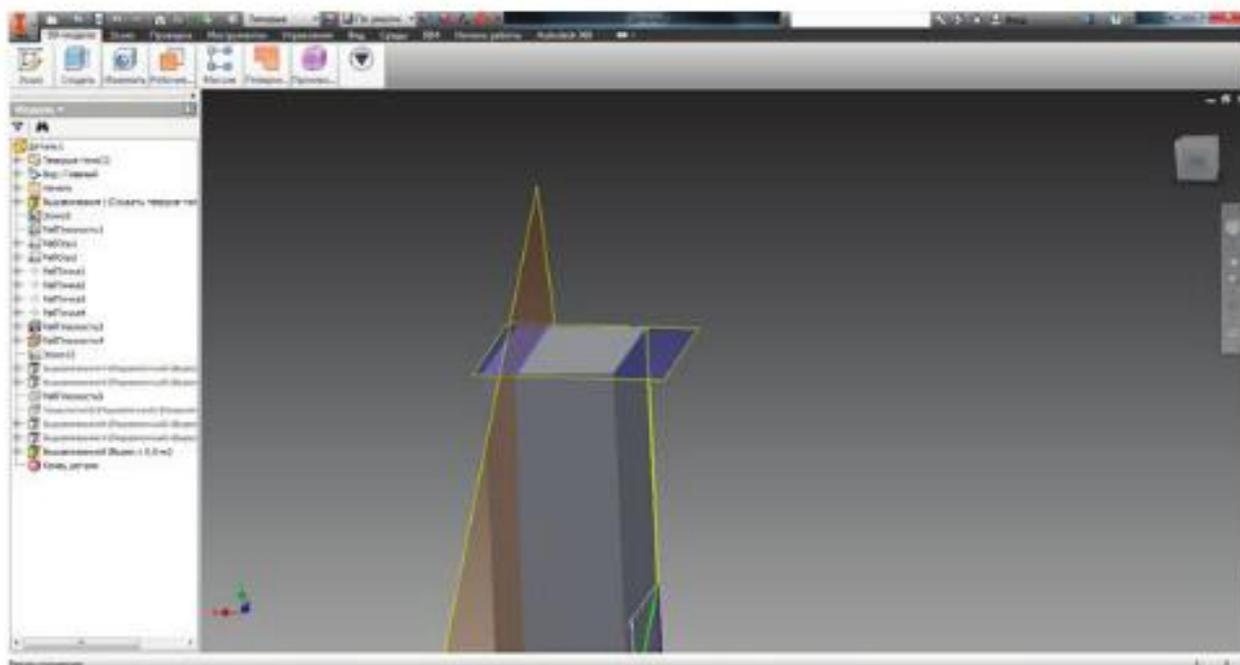


Рисунок 6.5.6 – Перпендикулярная вспомогательная плоскость

Следующим шагом создаем эскиз на этой перпендикулярной плоскости (рисунки 6.5.6 и 6.5.7).

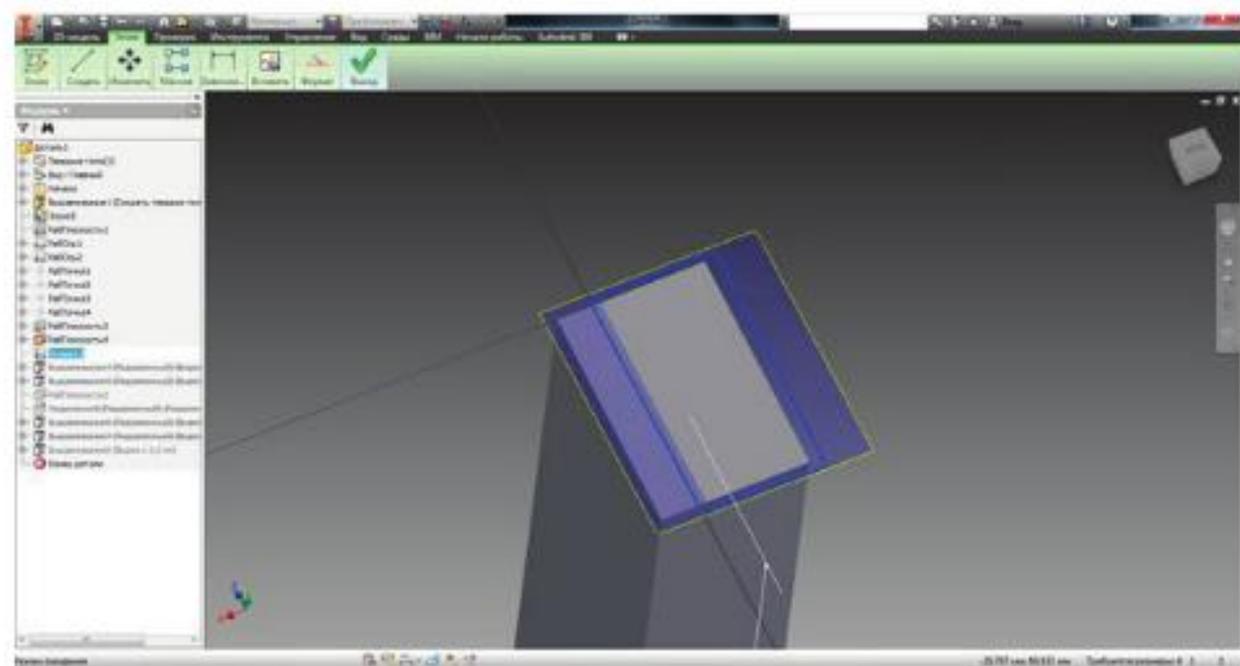


Рисунок 6.5.7 – Эскиз на перпендикулярной плоскости

Далее выдавливаем эскиз до выбранной плоскости (рисунок 6.5.8).

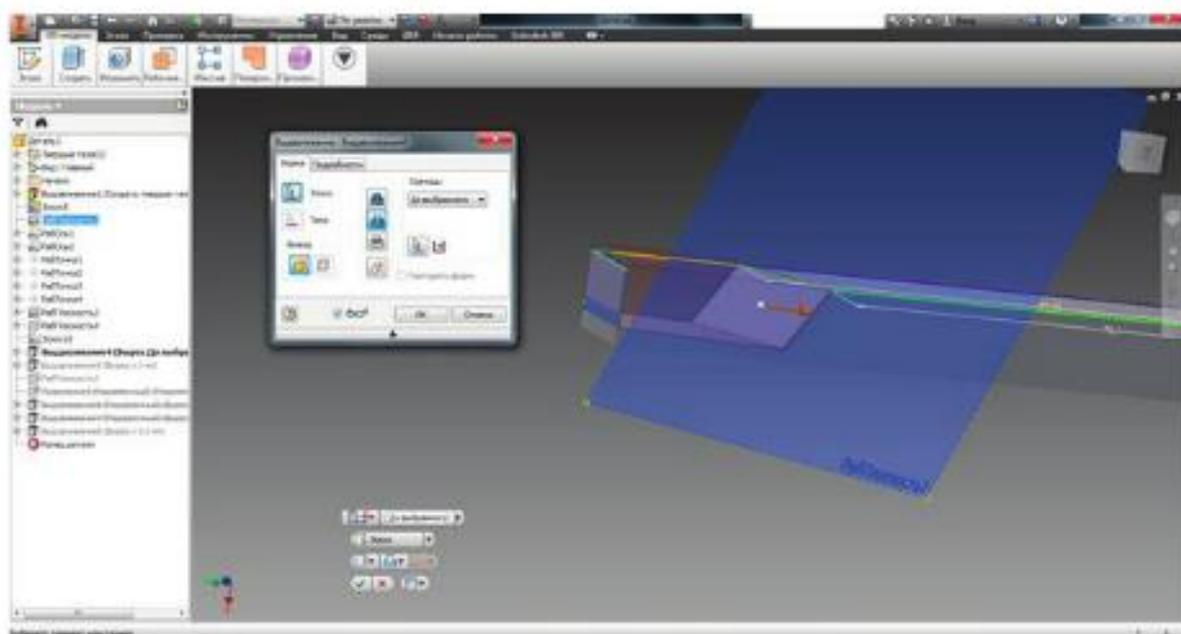


Рисунок 6.5.8 – Первый этап выдавливания

Выбирая тот же эскиз, выдавливаем его в обратную сторону, убирая лишний материал (рисунок 6.5.9).

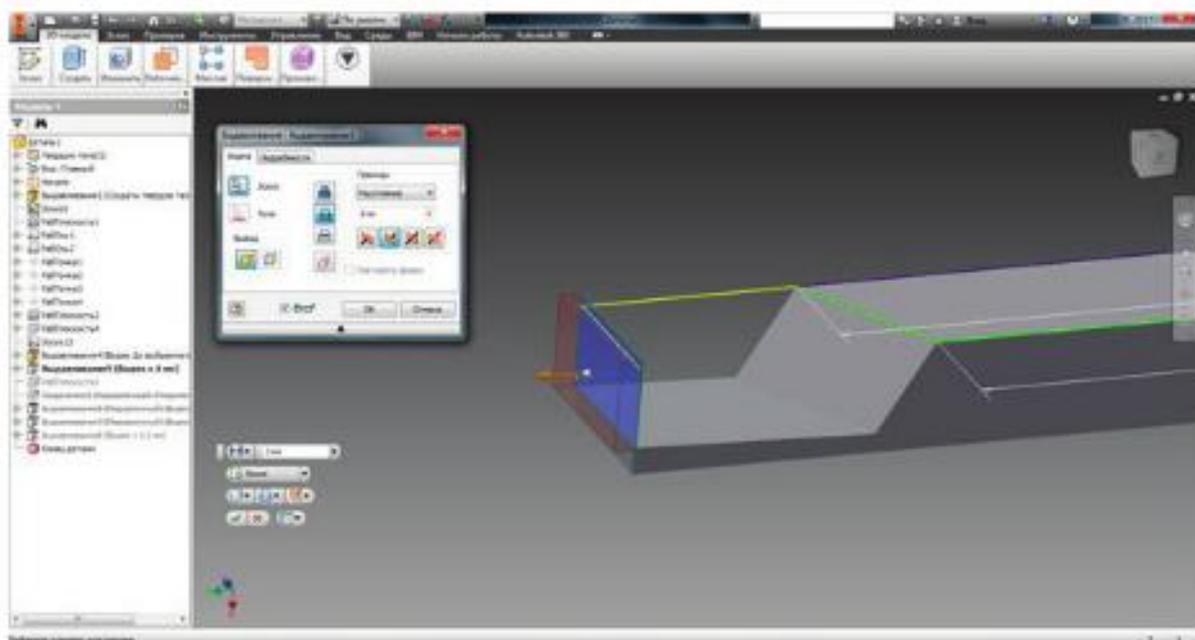


Рисунок 6.5.9 – Второй этап выдавливания

Создаем рабочую плоскость через ребро, расположенное непосредственно на торце, где будет располагаться пространство для резца, под нужным нам углом (рисунок 6.5.10).

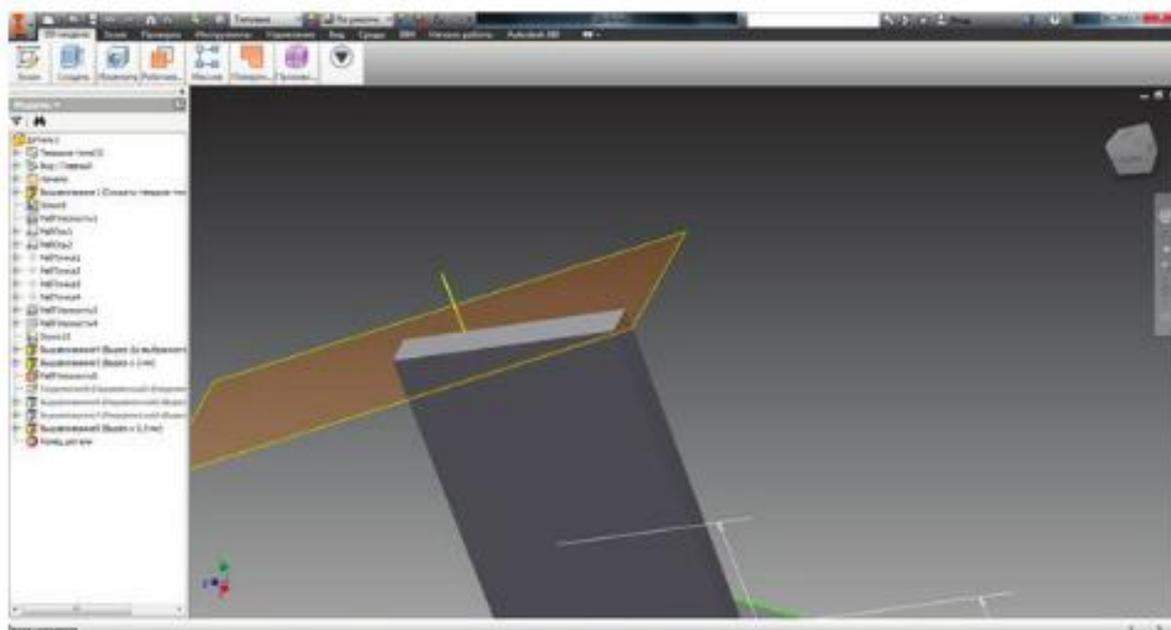


Рисунок 6.5.10 – Плоскость под углом

Создаем эскиз на этой плоскости и выдавливаем его, тем самым убираем лишнее (рисунок 6.5.11).

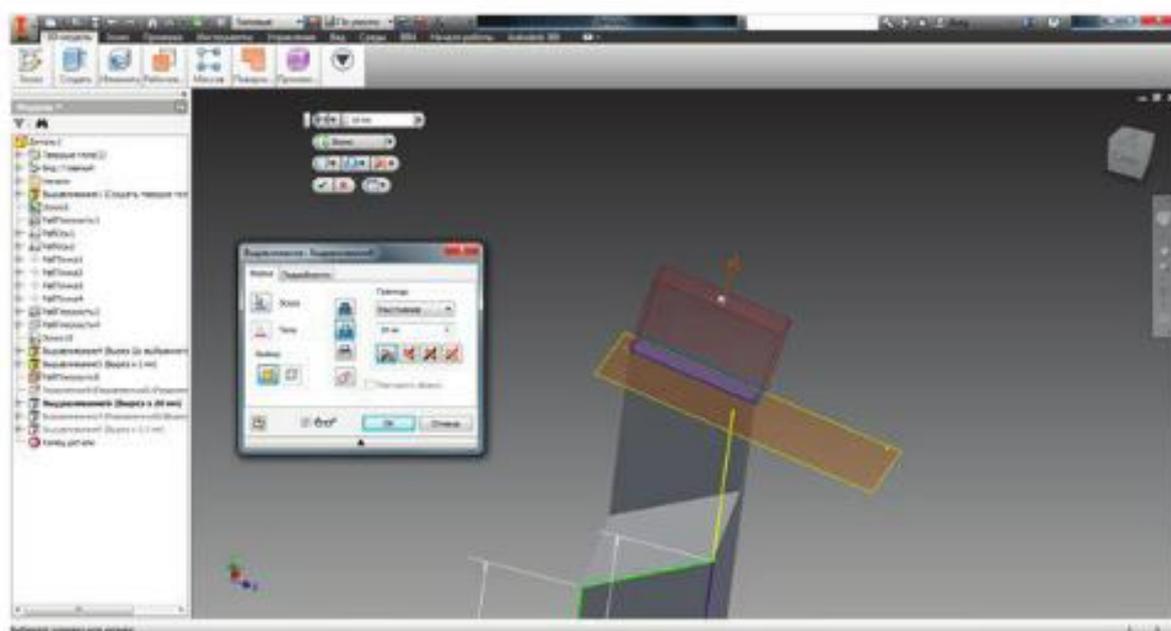


Рисунок 6.5.11 – Вычитание лишней части

Создаем эскиз места под резец (рисунок 6.5.12). Вычитаем его.

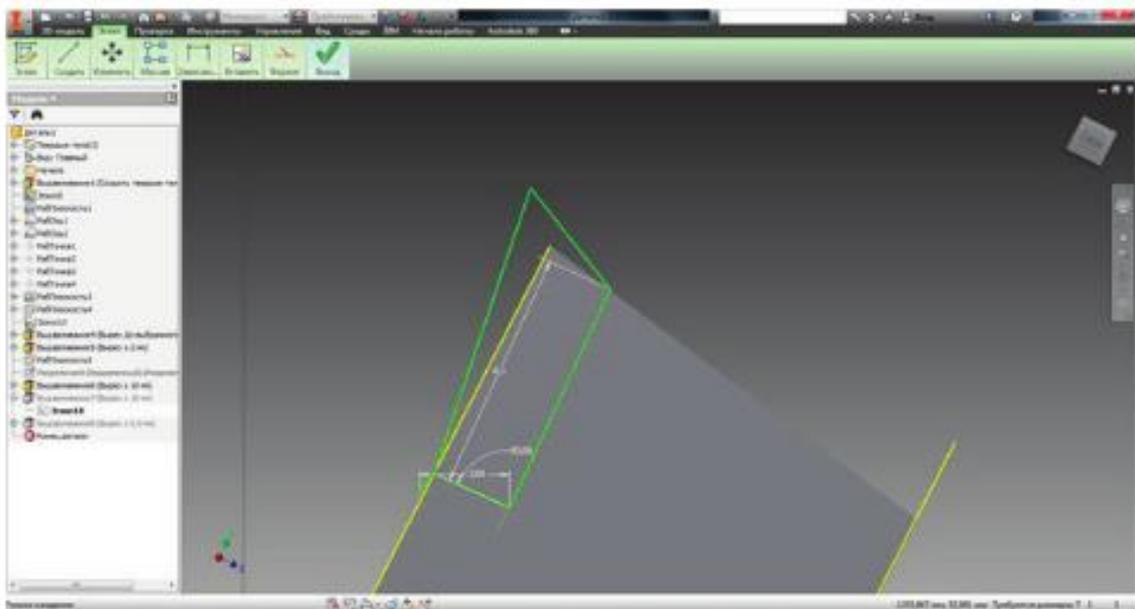


Рисунок 6.5.12 – Эскиз места под резец

Последним этапом необходимо нанести на держатель его маркировку. Для этого заходим в эскиз плоскости, на которой она должна располагаться, и с помощью операции «Текст» наносим эту маркировку, после чего выходим из эскиза и, применяя к этому «Тексту» операцию «Вычитание», создаем необходимое обозначение резца (рисунок 6.5.13).

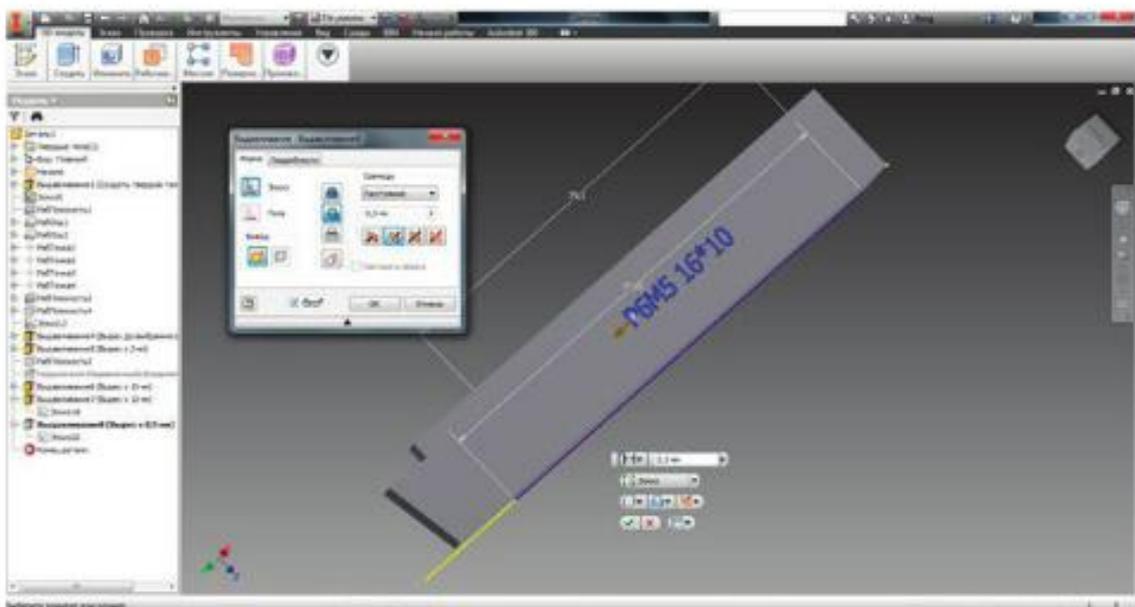


Рисунок 6.5.13 – Создание маркировки

Сохраняем эту деталь под именем «Держатель резца» в своей папке для данной лабораторной работы. Создаем новую деталь, где создаем 2D-эскиз режущего элемента (рисунок 6.5.14) и выдавливаем его.

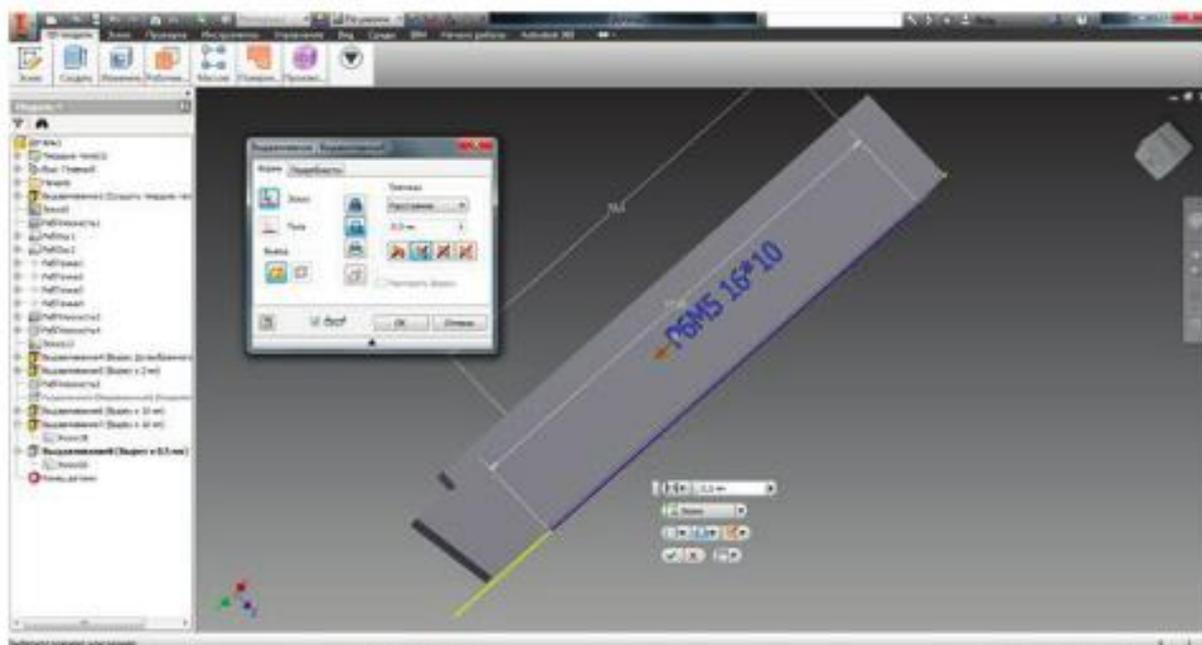


Рисунок 6.5.14 – Эскиз резца

Создаем вспомогательную плоскость, среднюю между двух плоскостей, где создаем чертеж и выдавливаем его в обе стороны (рисунок 6.5.15).

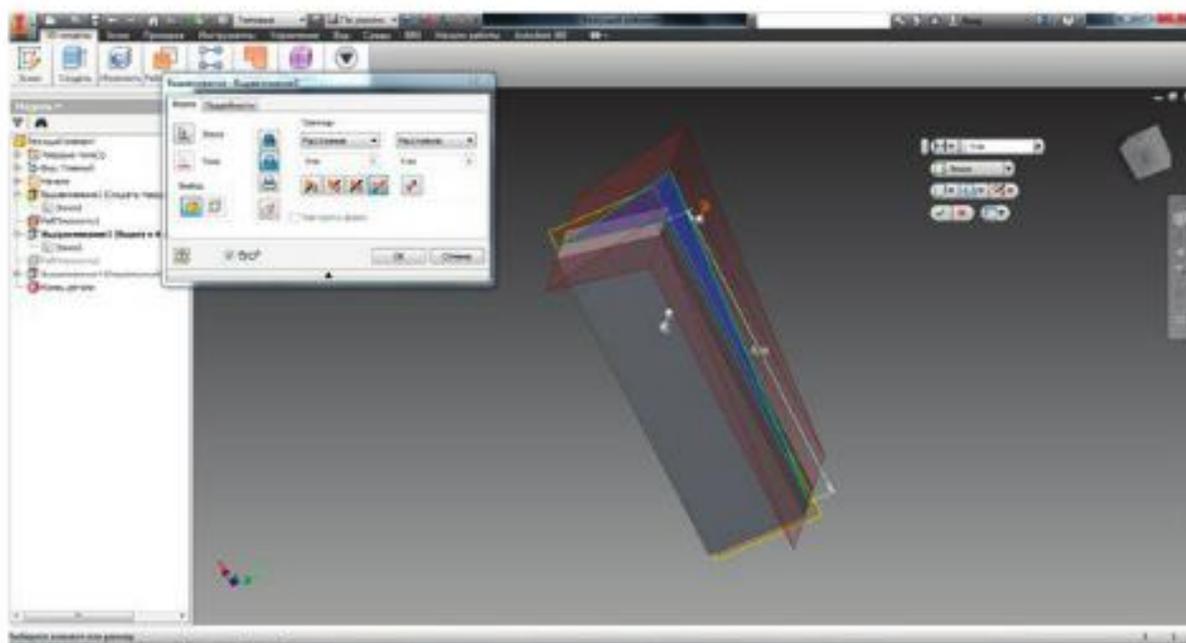


Рисунок 6.5.15 – Выдавливание эскиза

Создаем плоскость, параллельную получившемуся торцу. Создаем на торце произвольный прямоугольный эскиз, такой, чтобы при выдавливании не образовывалось «остатков» детали. Выдавливает его и получаем готовый режущий элемент (рисунок 6.5.16). Сохраняем его под именем «Режущий элемент».

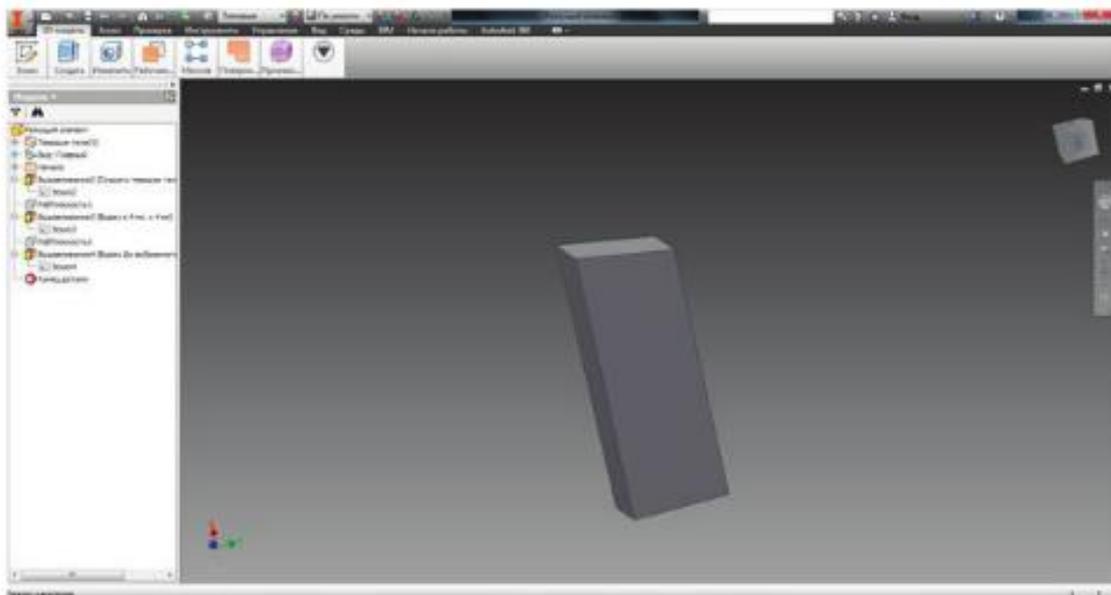


Рисунок 6.5.16 – Готовый режущий элемент

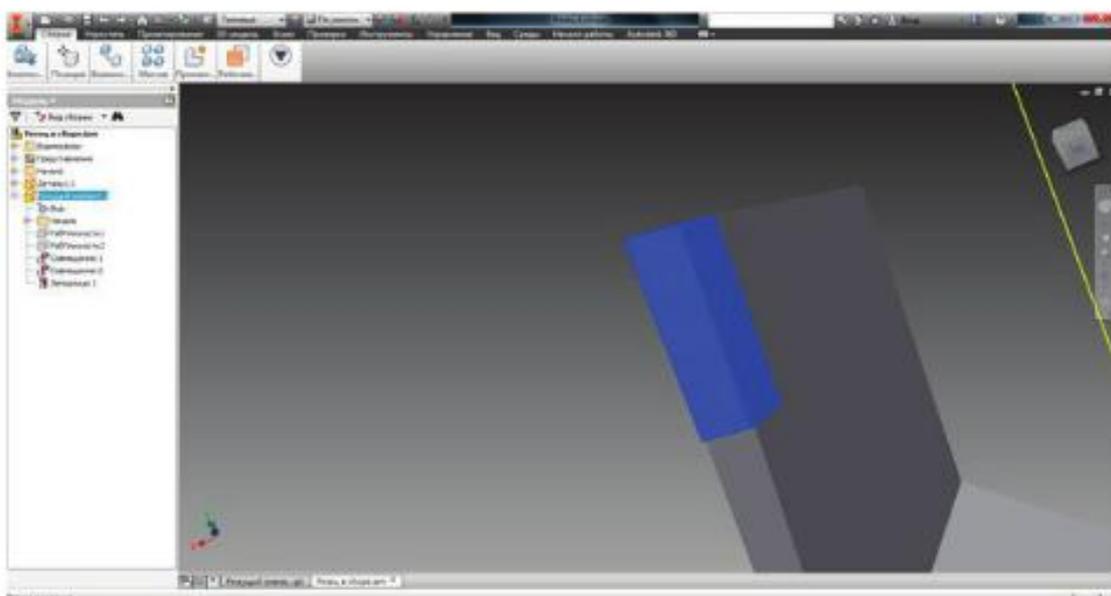


Рисунок 6.5.17 – Результат сборки

Следующим шагом создаем сборку из «Режущий элемент» и «Держатель резца», накладываем зависимости: «Совмещение» и «Заподлицо». Результат сборки представлен на рисунке 6.5.17.

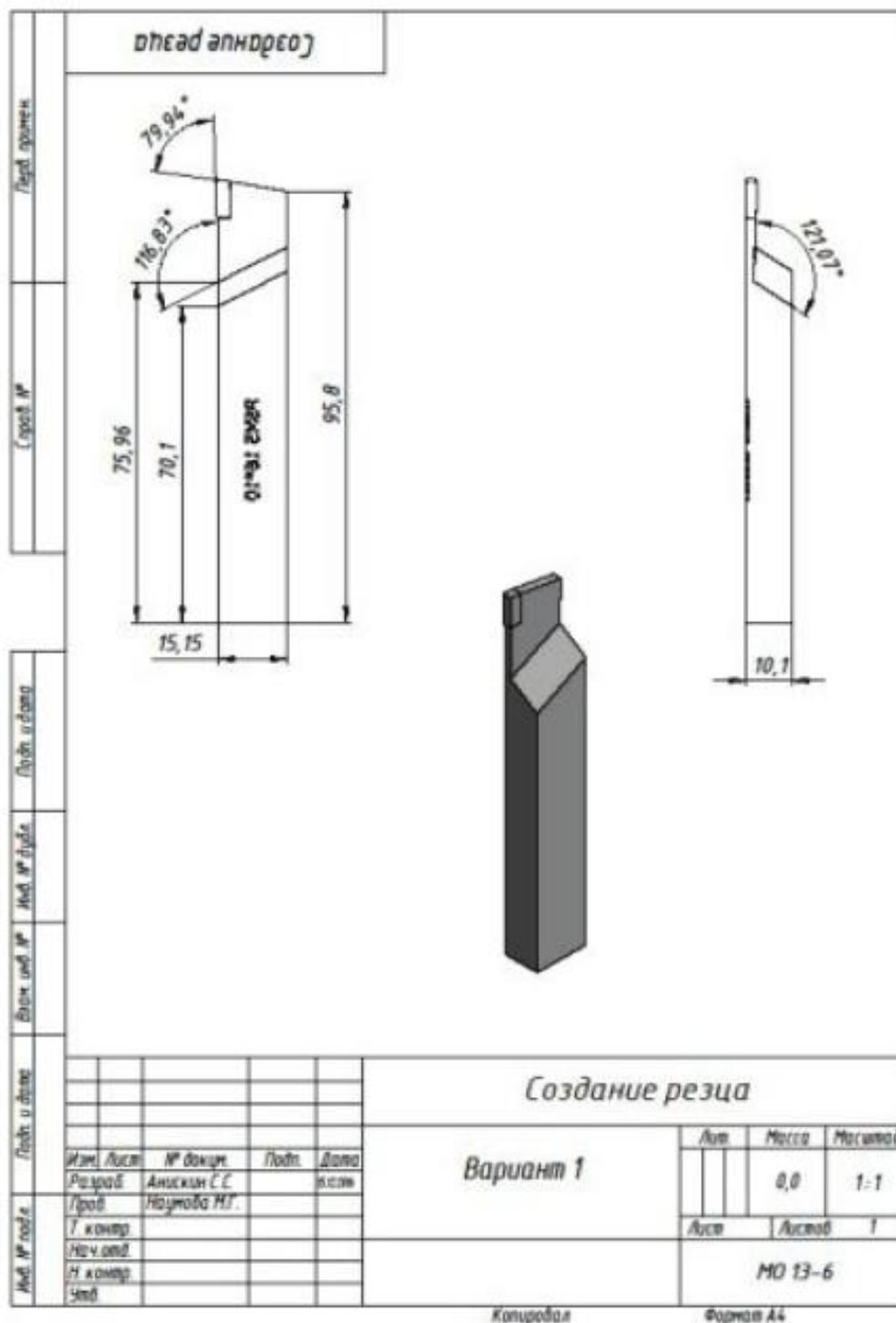


Рисунок 6.5.18 – Чертеж резца в сборе

Создадим чертеж детали. Для этого выберем команду «Создать Чертеж» на панели инструментов. Формат листа А4. Необходимо также создать тонированную изометрию и нанести все необходимые размеры, не забыв заполнить основную надпись во вкладке «Пояснение (ESKD)». Затем на верхней левой вкладке в открывающемся меню выберем опцию «Экспорт в PDF». Результат показан на рисунке 6.5.18.

Сохраним скриншоты этапов построения детали в графическом редакторе Microsoft Paint. Составим отчет о проделанной работе.

6.6 Требования к отчету

Отчет выполняется в соответствии с разделом «Общие требования к оформлению отчета о выполнении лабораторной работы» данного практикума.

Контрольные вопросы

1 Каковы назначение и область применения системы трехмерного твердотельного и поверхностного проектирования Autodesk Inventor?

2 Как войти в систему Autodesk Inventor?

3 Какой шаблон применяется для построения трехмерных деталей?

4 Для чего используется кнопка «Проектирование» на панели инструментов?

5 Для чего используется «Выдавливание» на панели инструментов?

6 Как проставить размеры детали в системе Autodesk Inventor?

7 Какой формат файлов использует Autodesk Inventor для сохранения файлов деталей?

8 Можно ли просматривать чертежи Inventor в AutoCAD?

9 Как создать чертеж в программе Autodesk Inventor?

10 Что такое «Основная надпись»?

11 Как проставляются размеры на чертежах в программе Autodesk Inventor?

12 Чем отличаются рабочие столы программы при создании эскиза и трехмерной модели?



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) ДГТУ в г. Азове

Факультет Высшего образования
Кафедра Технология машиностроения

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ДЛЯ
СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ**

Дисциплина Технология машиностроения

Направление
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Составитель: доцент
Шишкина А.П.

Азов
2021 г

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ

Цель работы: научиться практически определять виды поверхностей детали, их размеры, качество и шероховатость поверхности и проводить качественный и количественный анализ технологичности конструкции детали.

Исходные данные: Чертеж детали, чертеж сборочной единицы, чертеж заготовки

Последовательность выполнения практической работы

1. Нарисовать эскиз детали и обозначить все поверхности детали цифрами.
2. Провести качественный анализ технологичности
3. Провести количественный анализ технологичности, заполнив таблицу, проанализировав все поверхности детали, подвергаемые механической обработке

Обозначение поверхности	Наименование поверхности	Кол-во поверхностей	Кол-во униф. поверхностей	Качество точности	Шероховатость поверхности R_a , мкм
Итого					

4. Рассчитать коэффициенты количественной оценки технологичности
5. Дать заключение о технологичности детали

Теоретическая часть

Согласно ГОСТ 14.205-85 под **технологичностью конструкции изделия** понимается совокупность свойств конструкции изделия, определяющих приспособленность его конструкции к достижению оптимальных затрат его труда, средств, материалов и времени при технической подготовке производства изготовления, эксплуатации и ремонте; при обеспечении установленных показателей качества и принятых условиях выполнения работ.

В принципе технологичность конструкции можно охарактеризовать понятием: удобно или неудобно данную конструкцию производить, эксплуатировать, ремонтировать.

Отработать конструкцию на технологичность означает придать изделию требуемый комплекс свойств, эффективно влияющих на его изготовление и эксплуатацию.

Одним из основных принципов единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП) является то положение, что центр тяжести отработки конструкции на технологичность приходится на стадию разработки проектно-конструкторской документации, а также на первую стадию технологической подготовки производства. Это связано с тем, что именно в указанный период такие работы наиболее эффективны, так как выбор лучшего варианта на этих стадиях предупреждает излишние затраты времени и средства на изготовление и испытание менее эффективных вариантов. В соответствии с возможными областями тех или иных свойств, составляющих технологичность конструкции изделия, следует различать два вида технологичности – производственную и эксплуатационную.

Производственная технологичность проявляется в сокращении затрат средств и времени конструкторскую и технологическую подготовку производства, а также на изготовление изделия.

Эксплуатационная технологичность проявляется при техническом обслуживании и ремонте изделий в сфере эксплуатации.

Особое внимание на стадии технологической подготовки производства следует уделить производственной технологичности, которая заключается в подчинении конструктивных решений требованиям рациональных технологических процессов изготовления и сборки. Осуществляется это с помощью технологических требований, предъявляемых к изделию и определяющих условия их рационального производства. Выполнение этих требований ведет к созданию технологичных конструкций. Многообразие и сложность процесса производства технологические требования к их конструкции, которые должны устанавливаться с учетом технических и эксплуатационных требований, предъявляемых к изделию. Только в этом случае обеспечивается техническая целесообразность и экономическая эффективность его применения.

Технологические требования зависят от следующих факторов:

- 1) От вида изделия ;
- 2) От объема выпуска изделия;
- 3) От типа производства.

Вид изделия определяет главные конструктивные и технологические признаки, обуславливающие требования к технологичности конструкции.

Объема выпуска и тип производства определяет степень технологического оснащения, механизации и автоматизации технологических процессов и специализацию всего производства, а также ряд других факторов.

При отработке конструкции на технологичность применяют два вида оценки: качественную и количественную. Сущность **качественной оценки** технологичности конструкции состоит в выборе лучшего варианта, качественная оценка технологичности может предусматривать оценку степени соблюдения требований и нормативов, отражающие конструктивно технологические свойства изделия, определяющие минимальные затраты средств и времени при его изготовлении. Качественная оценка представляет собой словесное описание технологической конструкции изделия и характеризует конструкцию обобщенно на основании опыта исполнителя (технолога), используя при этом определения: хорошо, плохо, удобно, неудобно, рационально, нерационально. Следовательно, количественная оценка в большей степени зависит от квалификации лица ее производящего и обладает большим субъективизмом.

Требования к конструкции деталей с точки зрения механической обработки

Точность обработки должна соответствовать ее служебному назначению. Шероховатость поверхностей должна соответствовать точности (за исключением особых требований - декоративной обработки, повышения износостойкости, коррозионной стойкости, отражательной способности и т.д.); конструкция и материал детали должны обуславливать применение наиболее рационального метода получения заготовки, обеспечивающего наибольший коэффициент использования материала и наименьшую трудоемкость механической обработки; как можно ближе соответствовать типовой детали данного класса, для которой в отрасли или на предприятии существует типовой технологический процесс; конструкция детали и простановка размеров должны способствовать выполнению принципов совмещения и постоянства технологических баз; учитывать возможность обработки поверхностей комплектами инструментов и комбинированными инструментами; обеспечивать связь системы необрабатываемых поверхностей с системой обрабатываемых только одним размером (этот размер должен связывать черновую базу с поверхностью, которая обрабатывается первой и служит чистой базой на последующих операциях); конструкция и размеры детали должны обеспечивать максимальное уменьшение количества обрабатываемых поверхностей и рациональное расположение опорных точек с целью удобства, надежности базирования и минимальных деформаций под действием сил закрепления и резания, применение наиболее простых по конструкции приспособлений, жесткость и прочность при применении высокопроизводительных режимов резания и многоинструментальной обработки, условия для высокопроизводительной обработки (уменьшение вылета и габаритных размеров инструмента, сокращение припусков на обработку, свободный доступ режущего и мерительных инструментов к обрабатываемым поверхностям, нормальное врезание инструмента и обработку на проход, работу не по корке, равномерный и безударный сьем металла, параллельную многоинструментную обработку нескольких деталей).

Требования к конструктивным элементам деталей, обрабатываемых резанием

Поверхности должны быть, по возможности, наименьшей площади, простой геометрической формы, допускающей применение наиболее производительных методов обработки и инструментов, наиболее простой конструкции (желательно, нормализованные и стандартные). Кроме того, они должны быть максимально унифицированы по размерам и конструкциям, четко конструктивно ограничены друг от друга и от необрабатываемых поверхностей, расположены на одном уровне. (Если это невозможно, они должны быть параллельны или перпендикулярны друг другу. В остальных случаях желательны углы 30, 45 и 60°);

плоскости при больших габаритных размерах должны быть прерывистыми, открытыми, что дает возможность обрабатывать их на проход (переходные поверхности закрытой плоскости должны соответствовать размеру и форме применяемого при обработке плоскостей инструмента); должны быть расположены так, чтобы их можно было обрабатывать вдоль (ширина плоскости должна соответствовать нормальному диаметру торцевой фрезы или длине цилиндрической фрезы);

требования к отверстиям: ось отверстия должна быть перпендикулярна поверхностям входа и выхода инструмента, на выходе инструмента отверстие должно быть свободно по всему периметру, в отверстиях нежелательны канавки, обрабатываемые выточки и внутренние фаски, расстояние оси отверстия от стенки или ребра должно обеспечивать подвод кондукторной втулки на нормальное расстояние. Нежелательно применение глухих отверстий; форма дна глухого отверстия должна быть увязана с конструкцией инструмента; у дна точных глухих отверстий необходимо предусматривать канавку для выхода инструмента, нежелательно применение глубоких отверстий, отверстий фасонного сечения, конических отверстий большого диаметра, крепежных резьб диаметром менее 6 мм и более 50 мм, шлицевые отверстия должны быть непрерывными; расстояние между параллельными осями отверстий должны быть не менее 24-42 мм (в зависимости от типа подшипников в многошпиндельных головках), расположение отверстий должно быть симметричным (для упрощения конструкции головки); ступенчатые отверстия должны иметь убывающие в одну сторону диаметры (наиболее точную ступень желательно делать сквозной); длинные ступенчатые отверстия могут иметь диаметры, убывающие с обеих сторон к середине детали;

гнезда и пазы должны быть открытыми и иметь простую геометрическую форму; радиусы закругления в гнездах должны быть одинаковых размеров и соответствовать нормальному диаметру концевой фрезы; форма переходной поверхности от дна к стенке гнезда или паза должна соответствовать конструкции инструмента; ширина паза должна соответствовать нормальному диаметру концевой фрезы, конструкция паза должна способствовать применению дисковой фрезы.

Дополнительные требования к деталям типа валов

Количество шпоночных пазов и ступеней со шлицами, а также их длина должна быть минимальны;

фасонные поверхности должны быть такой длины, чтобы их можно было обрабатывать фасонным инструментом с поперечной подачей;

на торцах фланцев валов не должно быть кольцевых канавок, особенно со стороны хвостовика;

в полых валах центральное отверстие не должно обрабатываться с высокой точностью по всей длине, конфигурация наружной поверхности и толщина стенки должны быть такими, чтобы вал можно было изготовить из стандартной трубы;

в ступенчатых валах перепады диаметров ступеней должна быть минимальными, при больших перепадах желательна возможность применения высадки головок и фланцев на ГКМ; диаметры ступеней должны убывать в одну сторону, у длинных валов - от середины к концам детали; ступени должны быть равными или кратными по длине; форма переходной галтели от одной ступени к другой должна допускать обработку проходным резцом; ступени, подвергаемые шлифованию или нарезанию резьбы, должны разделяться канавками для выхода инструмента.

Дополнительные требования к деталям типа корпусов

Корпусная деталь должна иметь плоскость достаточных размеров, которую можно использовать в качестве установочной базы и в которой можно обрабатывать два базирующих отверстия;

при отсутствии удобных для базирования поверхностей следует предусматривать в конструкции детали дополнительные поверхности, служащие только для установки детали в приспособлении (приливы, бобышки, отверстия с повышенной точностью);

при наличии комплекта отверстий, расположенных на одной оси, должна быть обеспечена сквозная обработка с помощью двухопорных борштанг; у консольных борштанг отношение длины борштанги к ее диаметру не должно превышать 10; диаметры отверстий должны убывать в направлении от наружной стенки. При расположении отверстий на длине более 600 мм необходимо, чтобы диаметры убывали в двух направлениях: навстречу друг другу, к середине детали. Между отверстиями наименьшего диаметра следует предусматривать возможность размещения направляющих для инструмента. Комплекты отверстий, расположенных на параллельных осях, должны иметь диаметры, убывающие в одну сторону, а соотношение диаметров должно обеспечивать свободный проход инструментов при быстром подводе борштанги;

ширина обрабатываемых торцов около отверстий должна быть такой, чтобы их можно было обрабатывать при осевой подаче борштангами. Следует избегать наличия обрабатываемых

мых торцов внутри детали. Если такие поверхности необходимы, то наибольший диаметр подрезаемой поверхности должен быть меньше размера предшествующего отверстия;

поверхности под гайки и головки болтов должны быть доступны для фрезерования или обтачивания. Следует избегать цековки углублений;

обрабатываемые плоскости не должны располагаться внутри детали.

Дополнительные требования к деталям типа втулок, дисков и трубчатых валов

Отношение длины центрального отверстия к его диаметру должно быть больше единицы, что позволяет использовать отверстие как двойную направляющую базу;

для обеспечения обработки торца в центральном отверстии необходимо предусматривать фаски с размером, перекрывающим шлицы или шпоночные пазы. Кольцевые полости следует получать на заготовительной стадии, не предусматривать обрабатываемые выточки;

гладкие втулки должны иметь в отверстиях фаски, позволяющие устанавливать деталь в центрах;

для обработки на протяжных станках втулки и ступицы зубчатых колес должны иметь опорные поверхности базирования и достаточно прочные сечения;

для одновременного производительного нарезания зубьев на нескольких заготовках необходимо торцы ступицы и венца располагать в одной плоскости, либо торец венца должен выступать над торцом ступицы. Если же ступица должна быть шире венца, ее следует смещать относительно венца в одну сторону;

расстояния между венцами в зубчатых блоках должны обеспечивать свободный выход зуборезного инструмента. Для долбяков это 5-8 мм (для модулей от 1,5 до 6 мм);

если расстояние между венцами высокой точности недостаточно для выхода отделочных инструментов (шеверов, шлифовальных кругов), то вместо блока следует применять сборную конструкцию;

проектировать зубчатые колеса заодно с валом или втулкой целесообразно при таких объемах выпуска, когда становится эффективным получение заготовок на ГКМ.

Дополнительные требования к деталям типа рычагов и кронштейнов

Детали должны иметь хотя бы одну плоскость *симметричную и реальную конструкцию*. Следует избегать составных конструкций типа «шатун-крышка», требующих обработки ряда поверхностей в сборе. Количество обрабатываемых поверхностей должно быть минимальным. Желательно, чтобы это были только отверстия и их торцы. Надо избегать обработки плоскостей и наружных цилиндрических поверхностей;

оси основных отверстий в рычагах и кронштейнах должны быть параллельны;

допуски на расстояния между осями скрещивающихся отверстий не должны быть жесткими;

соосные отверстия в ушках рычагов и кронштейнов должны быть гладкими; (без ступеней и выточек), чтобы их можно было обрабатывать за проход с одной стороны при одной установке детали.

Количественная оценка технологичности конструкции производится с помощью системы количественных показателей. Система количественной оценки технологичности конструкции предусматривает два вида показателей:

1. Показатели разрабатываемой конструкции. Эти показатели характеризуют реальные, подвергаемые сравнению варианты изделия, проявляющиеся в процессе проектирования, подготовки производства и в производстве.

2. Базовые показатели. Это оптимальные, желательные показатели наилучшей в данных условиях конструкции изделия. Наилучшая конструкция в ряде случаев может быть нереальной, а теоретической. Базовые показатели применяются как цель, к которой надо стремиться при разработке реальной конструкции.

Для определения степени технологичности рекомендуется использовать следующие количественные показатели:

1. Коэффициент использования материала $K_{им}$ рассчитываем по формуле

$$K_{им} = \frac{m_d}{m_3} \quad (1)$$

где m_d – масса детали, кг;

m_3 – масса заготовки, кг.

Если $K_{им} > 0,7$, то деталь технологична.

2. Коэффициент унификации конструктивных элементов $K_{уэ}$ рассчитываем по формуле

$$K_{уэ} = \frac{N_y}{N_0} \quad (2)$$

где N_y – число унифицированных элементов;

N_0 – общее количество обрабатываемых поверхностей.

Если $K_{уэ} > 0,6$, то деталь технологична

3. Коэффициент точности K_T рассчитываем по формуле

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{ср}} \quad (3)$$

где $A_{ср}$ – средний квалитет точности.

Если $K_T > 0,8$, то деталь технологична.

Средний квалитет точности A_{cp} рассчитываем по формуле

$$A_{cp} = \frac{1n_1 + 2n_2 + \dots + 17n_{17}}{N_0} \quad (4)$$

где n_i – количество элементов данного квалитета точности.

4. Коэффициент шероховатости $K_{ш}$ рассчитываем по формуле

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} \quad (5)$$

где B_{cp} - среднее арифметическое значение шероховатости обрабатываемых поверхностей по параметру R_a .

Если $K_{ш} < 0,32$, то деталь технологична.

Среднее арифметическое значение шероховатости обрабатываемых поверхностей по параметру R_a B_{cp} , мкм, определим по формуле

$$B_{cp} = \frac{0.01n_1 + 0.02n_2 + \dots + 80n_{14}}{N_0}, \quad (6)$$

Виды поверхностей детали

1. Наружные цилиндрические поверхности
2. Внутренние цилиндрические поверхности
3. Торцы наружные или внешние
4. Торцы уступа наружные или внутренние
5. Шпоночные пазы
6. Резьбовые поверхности наружные и внутренние
7. Шлицевые поверхности наружные и внутренние
8. Лыски
9. Плоскости
10. Отверстия
11. Резьбовые отверстия
12. Фаски наружные, внутренние, в отверстиях
13. Зубчатые поверхности
14. Канавки наружные и внутренние
15. Радиусные поверхности
16. Фасонные поверхности

Унифицированной является поверхность, размер которой можно измерить стандартными измерительными инструментами.

Унифицированными поверхностями являются:

- наружные и внутренние цилиндрические поверхности с качеством точности менее или равному 11 качеству;

- радиусы;
- шпоночные пазы;
- резьбовые поверхности;
- фаски;
- канавки;
- отверстия.

Торцовые поверхности всегда являются неунифицированными.

Квалитет поверхности можно определить с помощью чертежа детали:

- квалитет проставляется возле размера $\varnothing 30H7 - 7$ квалитет;

- квалитет можно определить по отклонению указанному возле размера $70_{-0,12}$ (стр. 192 табл. 32 [1]);

- если возле размера нет вышеуказанных знаков, то поверхность 14 квалитета;
- для определения квалитета торца необходимо найти линейный размер между двумя соседними торцами.

Шероховатость поверхности можно определить с помощью чертежа детали:

- на размерной линии или непосредственно на поверхности $\sqrt{Ra_{3,2}}$

- в правом верхнем углу чертежа $\sqrt{Ra_{6,3}}$ для всех поверхностей, на которых непосредственно не указана шероховатость.

- для резьбовых поверхностей $Ra=3.2$ мкм, если не указаны дополнительно.

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2
ВЫБОР ВИДА И МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ**

Цель работы: приобретение навыков по выбору вида и метода получения заготовки при проектировании технологического процесса изготовления деталей машин

Исходные данные: Чертеж детали, годовой объем выпуска. Справочные и нормативные материалы

Последовательность выполнения практической работы:

1. Выбрать вид и метод получения исходной заготовки (не менее двух вариантов)
2. По нормативам определить общие припуски на обработку и размеры заготовки (для всех вариантов)
3. Вычислить массу заготовки (для всех вариантов)
4. Определить технологическую себестоимость выбранных вариантов заготовки и экономически обосновать окончательный выбор единственного варианта.
5. Оформит эскиз заготовки

Теоретическая часть

Методы изготовления заготовок деталей машин определяются технологическими свойствами их материала, формой, габаритами, типом производства и категорией ответственности детали.

В действующем производстве учитываются возможности заготовительных цехов и плановые сроки подготовки производства (проектирование и изготовление технологической оснастки). Кроме того, принимаются во внимание прогрессивные тенденции развития технологии машиностроения, в соответствии с которыми рекомендуется переносить большую часть процесса формообразования детали на заготовительную стадию и тем самым снижать расход материала и долю затрат на механическую обработку. В большинстве случаев производительность заготовительных процессов на порядок выше производительности процессов механической обработки.

По мере усложнения конфигурации заготовки и повышения ее точности усложняется и удорожается технологическая оснастка и возрастает себестоимость заготовки. Но при этом снижается трудоемкость и себестоимость последующей механической обработки.

Оптимальным можно считать метод получения заготовки, обеспечивающий технологичность и минимальную себестоимость.

Максимально приблизить форму и размеры заготовки к размерам готовой детали – одна из главных задач заготовительного производства.

Класс методов изготовления заготовки определяется конфигурацией детали и ее материалом. Всего в машиностроении используется пять классов методов изготовления заготовок:

- 1) отделение (отрезание, вырезание) от сортового проката (прутки, листы и т.д.);
- 2) обработка давлением;
- 3) литье;
- 4) порошковая металлургия;

5) комбинированные методы (штампосварные и литосварные заготовки) в которых сварка служит для соединения отдельных частей заготовки, предварительно изготовленных литьем, штамповкой или отделением от проката.

Для отделения заготовок от проката может использоваться один из следующих способов: 1) газовая резка из листового проката толщиной до 100 – 200 мм; 2) резка на пресс-ножницах с прямыми и фасонными ножами; 3) резка на гильотинных ножницах; 4) резка на дисковых ножницах.

Отделение заготовок от круглого проката может осуществляться на механических и гидравлических прессах, на дисковых или ленточных пилах, на приводных ножовках, на фрезерно-отрезных, токарно-отрезных, абразивно-отрезных станках и установках.

Заготовки из круглого проката применяются в основном в мелкосерийном производстве или в тех случаях, когда разность в диаметрах ступеней детали мала.

Обработка заготовок давлением реализуется путемковки, штамповки и других способов. Ковкой получают заготовки относительно простой формы со значительными припусками.

Штамповка в открытых штампах позволяет получать заготовки, форма которых существенно приближается к форме детали.

При штамповке в закрытых штампах получают более точные заготовки и расходуют меньше материала, чем в открытых, но закрытые штампы несколько ограничивают форму заготовки.

Прогрессивным методом является штамповка на ГКМ.

Среди отливок до 80% по массе занимают заготовки изготовленные литьем в песчаные формы. По конфигурации отливки делятся на пять групп сложности. В 80% случаях вид заготовки определяется материалом детали. Затем учитывают вид и конфигурацию детали.

Для ответственных деталей используют заготовки, полученные горячей штамповкой. Если по условиям производства можно применять и литье и штамповку, то следует учитывать, что трудоемкость обработки литых заготовок в среднем на 15 – 30% ниже штампованных.

Задачами технолога при проектировании является:

1) Определить вид заготовки, используемый для изготовления данной детали; определение метода получения заготовки; является функцией специалиста – технолога литейщика или давленца;

2) Наметить расположение плоскости разъема; которое определяет распределение напусков, формовочных, штамповочных уклонов;

Выбор метода получения заготовки определяется следующими факторами:

- материал детали;
- конфигурация детали;
- категория ответственности детали.

Материал детали на 90% определяет выбор заготовки. Материалы делятся на литейные (СЧ 24, КЧ, ВЧ, АЛ2, АЛ9, АЛ27, МА, ЛС59-1, Сталь35Л);

ОМД Д1, Д2, Д16, Амг, стали, Амц, латунь Л62.

Конфигурация детали:

Детали с большими внутренними полостями получают литьем.

Категория ответственности:

I категория – относятся детали поломка которых ведет к катастрофе (запрещаются детали получаемые литьем);

II категория – относятся детали поломка которых ведет к потере функциональных возможностей, но не влечет катастрофических последствий;

III категория – детали декоративного назначения поломка которых не отражается на работе машины (без ограничений).

Определение положения плоскости разъема

При назначении расположения плоскости разъема технолог руководствуется 2-мя правилами:

- 1) Плоскость разъема должна проходить через наибольший габаритный размер детали;
- 2) Расположение плоскости разъема должно обеспечивать базирование на первой операции;

Технико-экономическое обоснование выбора заготовки для обрабатываемой детали производят по нескольким направлениям: металлоемкости, трудоемкости и себестоимости, учитывая при этом конкретные производственные условия. Технико-экономическое обоснование ведется по двум или нескольким выбранным вариантам. При экономической оценке определяют металлоемкость, себестоимость или трудоемкость каждого выбранного варианта изготовления заготовки, а затем их сопоставляют.

Технико-экономический расчет изготовления заготовки производят в следующем порядке:

1. устанавливают метод получения заготовки согласно типу производства, конструкции детали, материалу и другим техническим требованиям на изготовление детали.
2. назначают припуски на обрабатываемые поверхности детали согласно выбранному методу получения заготовки по нормативным таблицам или производят расчет аналитическим методом;
3. определяют расчетные размеры на каждую поверхность заготовки;
4. назначают предельные отклонения на размеры заготовки по нормативным таблицам в зависимости от метода получения заготовки;
5. производят расчет массы заготовки на сопоставляемые варианты;
6. определяют норму расхода материала с учетом неизбежных технологических потерь для каждого вида заготовки (некратность, на отрезание, угар, облой и т.д.);
7. определяют коэффициент использования материала по каждому из вариантов изготовления заготовок с технологическими потерями и без потерь;
8. определяют себестоимость выбранных для сопоставления и определения экономического эффекта вариантов изготовления заготовки;
9. определяют годовую экономию материала от сопоставляемых вариантов изготовления заготовки;
10. определяют годовую экономию от выбранного варианта изготовления заготовки в денежном выражении.

Последовательность выбора метода получения заготовки

1. Определение материала детали по чертежу
2. Изучение конфигурации детали.
3. В зависимости от материала и конфигурации детали выбираем метод получения заготовки. (методом объемной пластической деформации представлена в ГОСТ 7505-89, методом литья представлена в ГОСТ 26645-85 или прокат)
4. Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали двумя способами и их сравнение
5. На основании сопоставления технологической себестоимости по рассматриваемым вариантам детали делаем заключение о том, что для дальнейшей разработки следует выбрать вариант:

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3 ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНОВ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Цель работы: научиться практически выбирать метод окончательной обработки поверхности и план обработки поверхности

Исходные данные: Чертеж детали

Теоретическая часть

При проектировании и реализации технологического процесса изготовления детали по каждому заданному на чертеже показателю точности должно выполняться условие

$$\omega \cdot A_{\text{dem}} \leq TA_{\text{dem}}, \quad (1)$$

т.е. полученное в партии поле рассеяния (погрешность) показателя точности $\omega \cdot A_{\text{dem}}$ не должно превышать заданное конструктором поле допуска TA_{dem} .

Это означает, что при проектировании технологического процесса изготовления детали технолог должен по каждому заданному показателю точности из всего арсенала средств технологического воздействия на материалы отобрать, включить в состав технологического процесса и расположить в определенной последовательности во времени и пространстве такие, которые обеспечивают заданную его величину.

Основными показателями точности отдельной поверхности являются погрешность размера поверхности, макрогеометрические (погрешности формы) и микрогеометрические (шерохо-

ватость) отклонения от формы. Достижение этих показателей точности обеспечивается выбором и реализацией соответствующих методов получения и обработки поверхности.

Как правило, деталь изготавливают в два этапа. Сначала получают заготовку, которая в какой-то степени по форме и размерам приближается к готовой детали. Выбор того или иного метода получения заготовки, как было показано в главе 6, определяется целым рядом условий технического и экономического характера. Чем точнее метод получения заготовки, тем для большего количества поверхностей может быть достигнуто условие

$$TA_{заг} = \omega \cdot A_{заг} \leq TA_{дет}, \quad (2)$$

из которого следует, что такие поверхности не требуют дальнейшей обработки и останутся на детали необработанными (их называют иногда «черными»). Однако известно, что достижение более высокой точности заготовки приводит к значительному ее удорожанию. При этом удорожание более точных заготовок может превысить экономию от уменьшения объема и стоимости ее последующей обработки по сравнению с менее точными заготовками. Поэтому в большинстве случаев при сравнении точности размеров детали и заготовки оказывается, что условие (2) не выполняется, и тогда используют второй этап изготовления детали – обработку заготовки.

Обработка заготовки заключается в съеме с ее поверхности некоторого слоя металла, называемого **припуском**.

Обработка производится в технологических системах (ТС). Под **технологической системой** понимают динамически замкнутую систему, состоящую из станка, приспособления для установки заготовки, приспособления для установки рабочего инструмента, обрабатываемой заготовки.

Каждая простая ТС реализует некоторый метод обработки. Под **методом обработки** понимают разновидность воздействия на материал детали, отличающегося подводимой в зону обработки энергией, схемой формообразования поверхности (способами создания производящих линий и их взаимных движений), конструкцией (типом) рабочего инструмента и численными значениями параметров режимов.

Есть сложные ТС, в которых последовательно для одной заготовки или параллельно для нескольких реализуются разные методы обработки. В арсенале технологии машиностроения огромное количество методов обработки заготовок и их число постоянно пополняется новыми. Не менее разнообразен и многочислен парк оборудования, на котором эти методы реализуются.

При выборе методов обработки во время проектирования ТП приходится находить ответы на следующие вопросы:

- какой метод обработки и, следовательно, какую ТС применить для той или иной поверхности?
- когда однократной обработки недостаточно и требуется последовательное применение нескольких методов обработки?
- как определить необходимую и достаточную последовательность методов обработки, называемую маршрутом обработки поверхности?

Каждый метод обработки используется для улучшения показателей точности поверхности после ее обработки. Для выбора того или иного метода технолог должен знать его технологические возможности.

Под **технологическими возможностями метода обработки** понимают, во-первых, характеристику заготовки, для обработки которой может быть рационально применен этот метод, и, во-вторых, достигаемые при его использовании показатели точности обрабатываемой поверхности.

В результате обработки заготовки в технологической системе ее размер $A_{заг}$, рассеянный по полю, $\omega \cdot A_{дет} \ll TA_{заг}$. Именно это уменьшение поля рассеяния размера (показателя точности) и составляет смысл и цель любой обработки и может быть описано соотношением

$$\omega A_{дет} = \frac{\omega A_{заг}}{\varepsilon_{m,c}}, \quad (3)$$

где $\varepsilon_{m,c}$ – уточнение технологической системы, которое показывает, во сколько раз может быть уменьшено поле рассеяния размера заготовки после ее обработки.

Уточнение $\varepsilon_{m,c}$ является важнейшей характеристикой любой технологической системы. Величина уточнения для большинства технологических систем составляет $\varepsilon_{m,c}=2\dots3$. Различают проектное и фактическое уточнение. Под проектным понимают отношение допусков соответствующих размеров поверхности на заготовке и на детали:

$$\varepsilon_{m,c} = \frac{TA_{заг}}{TA_{дет}}. \quad (4)$$

Проектное уточнение характеризует задачу будущего маршрута получения заданной поверхности из принятой заготовки.

На основании вышеизложенных положений рассмотрим действия технолога по достижению заданных показателей точности в проектируемом технологическом процессе обработки детали. Предметом рассмотрения будут те поверхности, для которых условие (2) не выполняется, т.е. $TA_{заг} = \omega \cdot A_{заг} > TA_{дет}$, и заданная точность может быть достигнута лишь обработкой заготовки и уменьшением в результате ее выполнения погрешности заготовки до величины, не превышающей заданный допуск размера детали $TA_{дет}$.

Последовательность выполнения практической работы

1. Рассчитать требуемую величину уточнения, которую необходимо обеспечить в результате обработки, по формуле

$$\varepsilon_{П_i} = \frac{TA_{заг_i}}{TA_{дет_i}}, \quad (5)$$

где $TA_{заг_i}$ – точность заготовки;

$TA_{дет_i}$ – точность поверхности готовой детали; i – порядковый номер поверхности.

Таблица 1 – Расчет требуемой величины уточнения

Порядковый номер поверхности и размер	$TA_{заг_i}$	$TA_{дет_i}$	$\varepsilon_{П_i}$

2. Выбрать метод окончательной обработки поверхности, учитывая характеристики точности и шероховатость поверхности, используя справочную таблицу

3. Разработать план обработки поверхности, используя справочную таблицу

4. Рассчитать величину уточнения выбранного маршрута обработки.

Величина уточнения выбранного маршрута обработки поверхности определяется как произведение уточнений технологических систем, включенных в маршрут:

$$\varepsilon'_{m_i} = \prod_{M=1}^{M=N} \varepsilon^i_{m_c M}, \quad (6)$$

где m – номер перехода обработки поверхности;

$\varepsilon_{mc_m}^i$ – уточнение технологической системы, обеспечивающей реализацию конкретного метода обработки, включенного в маршрут обработки поверхности.

Маршрут обработки поверхности считается приемлемым и обеспечивает достижение заданного показателя точности, если соблюдается условие

$$\varepsilon_{m_i}^i \geq \varepsilon_{m_i} \quad (7)$$

Для оценки возможности применения намеченной последовательности обработки поверхности 1 определим величину уточнения выбранного маршрута обработки поверхности:

$$\varepsilon_{mc_1}^1 = \varepsilon_{mc_1}^1 \cdot \varepsilon_{mc_2}^1 \cdot \varepsilon_{mc_3}^1 \quad (8)$$

Сравнение $\varepsilon_{mc_1}^1$ с ε_{mc_1} показывает, что намеченный маршрут обработки поверхности обеспечивает или не обеспечивает достижение заданных на нее конструктором показателей точности.

5. Разработать план обработки всех поверхностей детали и представить в виде таблицы 2

Таблица 2 - План обработки поверхностей

№ п/п	По чертежу заготовки		По чертежу детали			ε _{ТС}	План обработки				Направление доступа	
			Размер детали, мм	Параметры качества поверхности детали								
	Размер, мм	ТА _{заг} , мкм		Ква а	ТА _{дет} , мкм		Шерох. Ra, мкм	№ и наименование перехода	Квалитет	ТА _i , мкм		Шерох, Ra, мкм

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ И ОБОСНОВАНИЕ ПЛАНА ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВКИ

Цель работы: научиться практически выбирать технологические базы на операциях и составлять маршрутный технологический процесс механической обработки детали

Исходные данные: Чертеж детали, заводской или типовой технологический процесс механической обработки детали

Теоретическая часть

Выбор вариантов схем базирования.

В соответствии с выбранным маршрутом обработки поверхностей выбирают схему базирования заготовки в приспособлении, которая должна в первую очередь обеспечить требуемую точность взаимного расположения (параллельность, перпендикулярность и т.п.), а только потом – заданную точность линейных размеров.

В качестве технологических баз следует использовать доступные поверхности достаточ-

ных габаритных размеров, при установке на которые погрешность базирования не будет превышать одной четвертой допуска на соответствующий размер.

В качестве технологических баз следует использовать конструкторские базы, от которых задан обрабатываемый размер, в соответствии с принципом совмещения баз.

Для создания возможности повышения уровня концентрации обработки в операции и снижения разнообразия технологической оснастки лучше принять в качестве базы для обработки всех поверхностей детали одну и ту же базу – так называемую, единую технологическую базу (в соответствии с принципом единства баз) .

Так как на первой операции механической обработки у заготовки имеются лишь исходные поверхности, то соответственно и комплект баз первой (черновой) операции будет состоять из исходных поверхностей, причем их можно использовать только один раз. Выбирая чертеж базы, преследуют одну из следующих целей: 1) обеспечить заданное чертежом относительное расположение обработанных и исходных поверхностей детали; 2) обеспечить равномерное распределение припуска на поверхности обрабатываемой инструментом, жесткость системы крепления которого относительно невелика.

Наличие технологических комплексов в чертеже детали определяет выбор способа базирования и схему построения всего ТП. Технологический комплекс может быть реализован: 1) одновременной или параллельной обработкой поверхностей комбинированным инструментом; 2) последовательной обработкой поверхностей с одного станка; 3) последовательной обработкой поверхностей, входящих в технологический комплекс с различных станков или на разных операциях от единой технологической базы.

При разработке ТП выбирают теоретическую схему базирования и в общем случае в качестве ТБ выбирают поверхности отвечающие следующим условиям:

1) эти поверхности должны быть достаточно протяженными, чтобы обеспечить min погрешность базирования;

2) поверхность выбранная в качестве ТБ, должна обеспечить доступ к возможно большему числу поверхностей обрабатываемых от этой базы;

3) поверхности используемые в качестве базовых должны принадлежать элементам детали, имеющим достаточную жесткость;

4) поверхности используемые в качестве базовых должны иметь по возможности высокую точность и чистоту обработки.

По стадиям обработки ТБ разделяются на: чистые (чистовые), черные (черновые).

Чистые базы – это предварительно обработанные поверхности на которые базируется деталь на всех этапах обработки.

Черные базы – это комплект необработанных поверхностей в состоянии поставки заготовки, используемых в качестве базовых только на первой операции.

Распределение чистых и черных баз между поверхностями детали следует вести от конечного результата.

Правила выбора чистых баз:

Эти правила противоречат один другому. В качестве чистых баз выбирают поверхности отвечающие следующим требованиям:

- 1) Они должны соответствовать всем требованиям к базам (см. выше).
- 2) Чистые ТБ должны обеспечить обработку наиболее точных, чистых и точно расположенных поверхностей детали.
- 3) При наличии у деталей технологических комплексов поверхностей чистая база должна либо входить в один из этих комплексов, либо обеспечивать обработку всех поверхностей, входящих в эти комплексы.
- 4) Из прочих равных поверхностей в качестве чистой ТБ выбирают ту, которая может служить ЕТБ для обработки всех прочих поверхностей детали.

Требования к черным базам:

- 1) Все общие требования к базам.
- 2) В качестве основной черной базы (установочной или двойной направляющей) выбирается поверхность лишенная заготовочных напусков (уклонов), поэтому у тел вращения с разъемом вдоль оси в качестве главной выбирается цилиндрическая поверхность – двойная направляющая база; те же детали имеющие плоскость разъема поперек оси в качестве основной базы должны иметь торец – установочная база.
- 3) (противоречит требованию 1) В качестве черных баз должны выбираться поверхности, которые в обработанной детали являются наиболее ответственными, например, в корпусах подшипников, корпусах редукторов в качестве черной базы наиболее желательно выбирать ось основного литого отверстия (в книге ТМ спец.курс проведен детальный анализ базирования при различных вариантах выбора баз).
Отступление от этого требования вызывает повышенную погрешность на последующих этапах обработки и требует лишних операций и переходов для достижения соответствующего уточнения.
- 4) Поверхность в качестве черной базы может использоваться только один раз на первой операции.
- 5) На первой операции, где используется черная база, обязательно должна быть обработана чистая, желательно единая ТБ.
- 6) При наличии многофункционального технологического оборудования (обрабатывающие центры, автоматические линии использующие приспособление – спутник) в качестве черной базы являющейся одновременно единой может быть выбрана поверхность, остающаяся необработанной, при условии, что вся обработка осуществляется за одну операцию.

Синтез маршрута обработки заготовки.

Каждое изменение состояния поверхности может осуществляться разными способами и на различном оборудовании.

Синтез маршрута обработки типовых поверхностей можно осуществить одним из двух методов: 1) методом последовательных уточнений; 2) методом типовых маршрутов.

Для реализации первого метода необходим массив локальных типовых решений, оформленный в виде таблицы, которая содержит необходимую для принятия решения информацию.

Метод типовых маршрутов также можно использовать при наличии соответствующего массива, оформленного в виде таблиц, в которых в зависимости от конечного состояния типовой поверхности и материала задаются маршруты ее обработки (/3/, с.404-445).

Заданные точность и качество типовых поверхностей, размеры, масса и форма детали дают возможность определить необходимые методы окончательной обработки этих поверхностей (/7/, с.29). Каждому методу окончательной обработки предшествуют промежуточные методы,

которые назначают исходя из того, что каждый последующий метод должен быть точнее предыдущего. Для назначения плана обработки поверхности пользуются составленными на основании опытных данных таблиц средних величин экономической точности различных методов обработки (/8/, с.79-80), таблицами этапов обработки (/7/, с.89) и расчетом уточнений (/9/).

В последнем случае определяется требуемая величина уточнения, которую необходимо обеспечить в результате обработки, как отношение погрешности (допуска) заготовки к погрешности (допуску) детали. Затем определяется уточнение за каждый назначенный переход, обеспечивающий получение требуемых точности и шероховатости. Уточнение редко бывает более 5, для большинства методов обработки уточнение находится в пределах 2-3 /11/. В результате определяется общее уточнение как произведение уточнений за каждый переход. Полученное значение сравнивается с требуемой величиной. Общее уточнение должно быть большим, или равным требуемому. В противном случае следует увеличить количество переходов обработки.

Этапы механической обработки заносятся в карту проектирования ТП.

Первый шаг синтеза маршрута обработки заготовки – распределение отобранных переходов обработки типовых поверхностей заготовки по этапам типовой схемы изготовления деталей соответствующего класса (или подкласса). Типовая схема обработки является вариантом полного типового решения. Главный признак этапа типовой схемы – уровень точности, достигаемой по его завершении.

Наращивание точности формы, размеров и относительного расположения поверхностей детали, повышение качества её поверхностей, должно осуществляться одновременно по всем основным элементам заготовки. Для этого сначала следует достигнуть одного уровня точности заготовки для основных поверхностей, затем начать их повторную обработку, стремясь к следующему уровню точности, и так до тех пор, пока не будут обеспечены точностные требования, заданные чертежом детали.

Причиной разделения ТП изготовления детали на этапы служит необходимость включения внестаночных операций – химико-термической обработки и нанесения покрытий. В зависимости от целей и назначения внестаночных операций определяются их место в ТП, и требования к обработке, предшествующей этим операциям.

Количество этапов и их содержание зависят от конструктивной особенности той группы деталей, для которой разработана типовая схема изготовления. Это уровень жесткости, возможность базирования и закрепления заготовки без повреждения уже обработанных поверхностей, требования к уровню и виду внутренних остаточных напряжений.

Поскольку количество этапов зависит от точности заготовки, типовая схема обработки

должна учитывать тип производства. В массовом производстве стремятся уменьшить количество этапов и если это позволяет конструкция и требования к точности детали, совмещать в одной операции обработку поверхностей с существенно разными уровнями точности.

При установлении последовательности операций следует руководствоваться следующими соображениями:

1. В первую очередь надо обрабатывать поверхности детали, которые являются базами для дальнейшей обработки. (Например, для деталей типа «тело вращения» это может быть наружная или внутренняя цилиндрическая поверхность, либо торцы с центровочными отверстиями, для корпусных деталей это может быть плоскость и отверстия в ней и т.д.).

2. Затем следует обрабатывать поверхности, с которых снимается наиболее толстый слой металла, так как при этом удаляются внутренние дефекты заготовки (раковины, включения, трещины и т.п.).

3. Операции, где существует вероятность брака из-за дефектов в материале или сложности механической обработки.

4. Далее последовательность операций устанавливается в зависимости от требуемой точности поверхности: чем точнее должна быть поверхность, тем позднее она должна обрабатываться, так как обработка каждой последующей поверхности может вызвать искажение ранее обработанной. Это происходит из-за перераспределения внутренних напряжений при снятии каждого слоя.

5. Поверхности, которые должны быть наиболее точными и гладкими должны обрабатываться последними; этим уменьшается возможность их повреждения.

6. Совмещение черновой и чистовой обработки на одном и том же станке может привести к снижению точности обработанной поверхности вследствие влияния значительных сил резания и сил зажима при черновой обработке и большого износа деталей станка.

7. Сначала следует обрабатывать поверхности составляющие основной контур детали, затем поверхности типа уступов, пазов, отверстий и т.п., в последнюю очередь – легко повреждаемые поверхности (наружные резьбы, шлифование, полирование, доводка и т.д.).

8. В заготовке детали, не являющейся телом вращения, перед обработкой отверстий должны быть обработаны плоскости.

9. Порядок обработки пересекающихся поверхностей устанавливается таким, чтобы уменьшить увод инструмента и вероятность его поломки.

10. Следует стремиться к минимизации затрат времени на каждый маршрут и минимально возможного ассортимента оборудования, приспособлений и инструмента.

11. При необходимости в конце маршрута обработки можно включать слесарные, моечные, сушильные и т.п. операции.

12. Каждый маршрутный ТП должна завершать контрольная операция, на которой производится контроль всех обрабатываемых поверхностей согласно чертежу детали и техническим требованиям на нее.

Последовательность выполнения практической работы

1. Проанализировать заводской или типовой технологический процесс механической обработки детали
2. Выбрать черновые и чистовые технологические базы
3. Определить поверхности для обработки с черновых технологических баз
4. Наметить поверхности для обработки при установке на основные технологические базы.
5. Заполнить таблицу 1
6. Заполнить таблицу 2
7. Разработать маршрут механической обработки детали
8. Разработать и описать схемы базирования на каждую операцию

Таблица 1- Схема разработки технологического маршрута обработки

План обработки		Способы обработки поверхностей					Тип оборудования	На
Техно-логическая база	Номер по-верхности и ее раз-мер	1	2	3	4	5		

Таблица 2- Маршрут механической обработки поверхностей детали

№опер	Наименование операций	Оборудование	Номера обрабатываемых поверхностей
005			

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6

РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ И РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВОК ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПЕРЕХОДАМ

Цель работы

1. Ознакомиться с методами расчета и установления припусков на механическую обработку заготовок.
2. Овладеть навыками расчета межпереходных (операционных) припусков и размеров.

Исходные данные для выполнения работы

1. Чертеж детали (принимается деталь, выданная на курсовое или дипломное проектирование)
2. Годовая производственная программа выпуска деталей (устанавливается в соответствии с заданием на курсовое и дипломное проектирование).
3. Справочные и нормативные материалы. Для выполнения работы можно пользоваться методическим руководством кафедры "Расчет припусков на механическую обработку и определение размеров заготовок" [1] или справочниками технолога-машиностроителя под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мищерякова [2,3,4].

Задание

1. Определить расчетно-аналитическим методом промежуточные припуски по всем технологическим переходам для трех наиболее ответственных наружных и внутренних поверхностей детали (выбранные поверхности согласовать с преподавателем).

2. Определить межпереходные операционные размеры заготовок по всем технологическим переходам обработки поверхности.
3. Определить по укрупненным нормативам общие и промежуточные припуски на все остальные поверхности детали.
4. Оформить эскиз заготовки и произвести корректировку припусков в соответствии с выбранным способом изготовления заготовки.

Выбор расчетной схемы расположения межпереходных припусков и допусков.

Для расчета промежуточных размеров заготовок могут быть приняты следующие две схемы расположения межпереходных (операционных) припусков и допусков (рис. 1):

а) первая схема (рис. 1а), может быть принята для тех технологических переходов, в которых имеет место значительное копирование погрешностей (например, при черновом и полувальцовом точении заготовок и т.п.); эта схема позволяет уменьшить номинальные размеры заготовки на величину допуска на выполняемый технологический переход, т.е.

$$d_{ном_{i-1}} = d_{ном_i} + z_{i\min} + \delta_{i-1} - \delta_i$$

б) вторая схема (рис. 1б) принимается для тех технологических переходов, в которых доля погрешностей копирования составляет незначительную величину в суммарной погрешности обработки (например, в случае очень высокой жесткости системы СПИД; тогда, когда при обработке достигается не точность размера, а точность формы или высокий класс чистоты поверхности; при обработке с выхаживанием – шлифование, хонингование, суперфиниширование, притирка и т.п.; при обработке мерными инструментами (сверлами, зенкерами, развертками, протяжками и т.п.); в этом случае

$$d_{ном_{i-1}} = d_{ном_i} + z_{i\min} + \delta_{i-1}$$

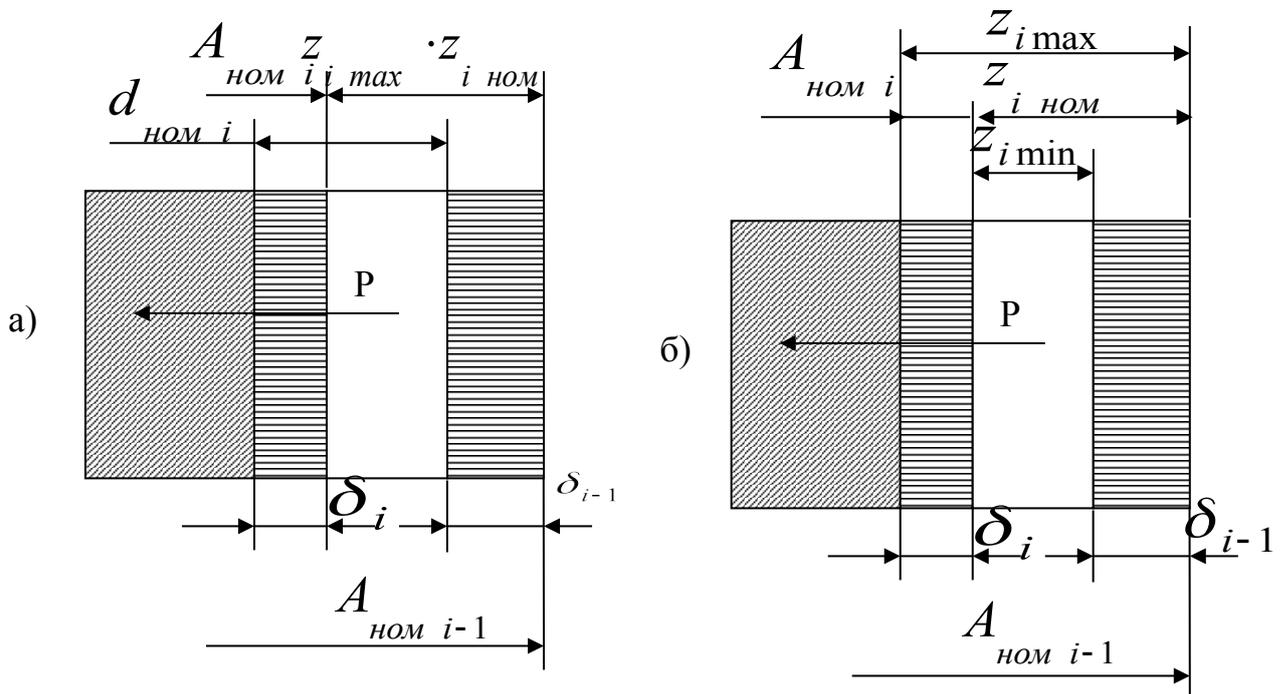
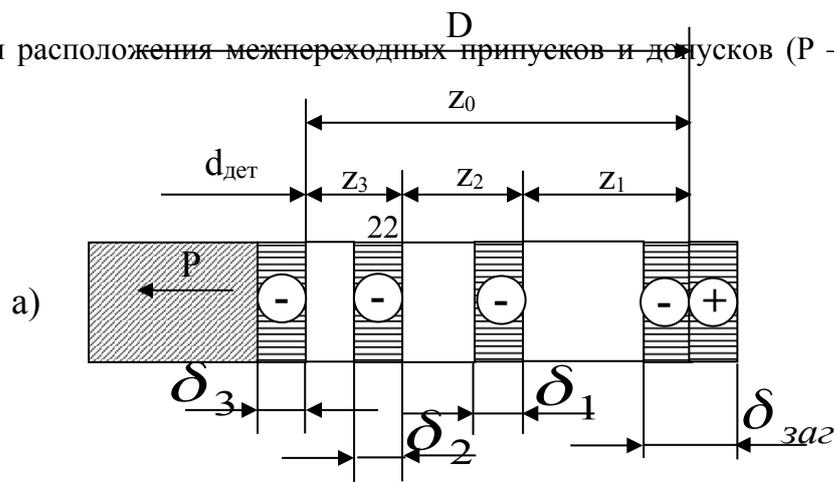


Рис. 1 Схемы расположения межпереходных припусков и допусков (P – направление обработки).



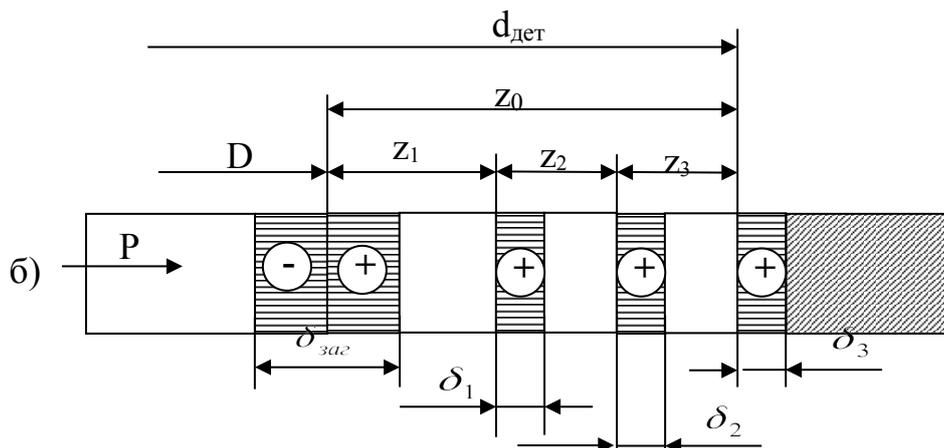


Рис. 2 Схемы расположения промежуточных номинальных припусков:
а) для валов; б) для отверстий.

При многопереходной обработке рекомендуется использовать комбинированную схему расположения припусков и допусков: на первых черновых и получистовых технологических переходах – первую схему, на последних чистовых и отделочных переходах – вторую схему.

Следует отметить, что при использовании первой схемы расположения межпереходных допусков и припусков (рис. 1,а) при определенных условиях ($\delta_i > z_{i\min}$) возможно частичное совпадение поля допуска предшествующего перехода с полем допуска выполняемого перехода. Чаще всего это случается на чистовых и отделочных переходах (рис. 8). В этом случае, если предварительно обработанная поверхность займет место в пределах поля допуска окончательной обработки, т.е. размер окончательной обработки окажется выполненным уже при предварительной обработке, то окончательная обработка понадобится не в целях получения нужного размера, а в целях получения требуемой шероховатости поверхности, что и может быть достигнуто за счет использования оставшейся части допуска на окончательную обработку ("выхаживанием").

При расчете по второй схеме (рис. 1,б) такого перекрытия полей допусков никогда не может получиться, что является гарантией полного отсутствия брака по погрешности формы или величине шероховатости поверхности.

При определении межоперационных припусков и размеров необходимо различать два случая:

а) когда размер уменьшается при переходе от каждой предшествующей ступени обработки к последующей, следует пользоваться "схемой вала" (рис. 2,а);

б) когда размер увеличивается, следует использовать "схему отверстия" (рис. 2,б).

При этом межоперационные припуски отсчитываются "в материал детали", т.е. для валов значения межпереходных допусков принимается со знаком минус, а для отверстий – со знаком плюс.

Расчет припусков может производиться только после выбора оптимального для данных условий метода получения заготовки и технологического маршрута её обработки (эта часть работы должна выполняться на предыдущих занятиях).

С целью удобства расчет следует производить, используя специальные таблицы (табл. 1). Данные таблицы используются для построения графической схемы (рис.1) расположения промежуточных припусков и допусков в разных стадиях обработки, а также для быстрой проверки правильности проведенных расчетов.

Расчет межпереходных (операционных) припусков на обработку и предельных размеров по технологическим переходам производится в следующей последовательности.

1. Для обрабатываемой заготовки наметить установочные базы и технологический маршрут обработки, обеспечивающий точность размеров и заданную шероховатость поверхности детали. При выполнении этого раздела можно руководствоваться данными: [1] табл. 1-2, 1-3, 1-4 и 1-6; [2], стр. 7, табл. 2,3,4,5,6,7; [3] стр. 180, таб. 2...11, 18...29; [4] стр. 8, табл. 4...9.

2. Записать в расчетную карту (табл.1), графы 1 и 2, обрабатываемую поверхность детали и последовательный порядок технологических переходов её обработки.

3. Для каждого технологического перехода определить значения $Rz_i, T_i, \rho_i, \varepsilon_i$ и δ_i , обеспечиваемые этими переходами и записать полученные значения в расчетную карту, графы 3,4,5,6,8. Для последнего технологического перехода определить только значение \mathcal{E} .

а) При назначении значений Rz_i и T_i пользоваться данными: [1], табл. 1-6, 1-7, 1-8, 1-9, 1-10; [2], стр. 166-180, табл. 1,2,3,4,5,9,11,12,13,15,16; [13], стр. 180, табл. 2...11, 18...29; [4], стр. 180, табл. 1...14, 24...27.

б) Суммарное значение пространственных отклонений ρ_i для элементарной поверхности определяется в зависимости от способа получения заготовки по данным: [1], табл. 1-11, 1-12, 1-13, 1-14, 1-15, 1-16, 1-17, 1-18, 1-19, 1-20; [2] стр. 166-174, табл. 2,6,10; [3] стр. 180, табл. 1,5,6,10,12,13,15,17,22,25,28; [4], стр. 180, табл. 4,9,15...23,28.

Производственные отклонения при механической обработке закономерно уменьшаются. Для расчета величины остаточной кривизны после выполнения каждого перехода механической обработки определяются по данным: [1] формулы 12-25 на стр. 11-14; [2], стр. 167, 171, 175, 177, 180, 181; [3] стр. 185, табл. 13,25,28,30,31; [4], стр. 190, табл. 29,30.

в) Погрешности установки заготовки на выполняемом переходе определяются в зависимости от принятой схемы базирования детали, вида

**Карта
расчета припусков на механическую обработку**

Наименование детали _____ Заготовка _____ Материал _____

№ п/п	Маршрут обработки поверхности	Элементы припуска в мкм				z_{\min} , мкм	δ , мкм	Номинальный припуск $z_{ном}$ в мм		Расчетный размер в мм	Операционный (межпереходный) размер с допуском, мм		Примечание
		Rz	T	ρ	ε			расчетн.	принятый		D	δ	

Примечание: стрелками показана схема суммирования составляющих межпереходных припусков

заготовки и применяемого приспособления по данным: [1], стр. 14,15 и табл. 1-22, 1-23, 1-24, 1-25, 1-26, 1-27, 1-28, 1-29, 1-30, 1-31; [2], стр. 24-41; [3] стр. 63-73, табл. 18...25, [4] стр. 41, табл. 12...18.

г) Допуски на выполняемый размер обрабатываемой поверхности, определяются в зависимости от качества (класса) экономической точности метода обработки. При определении можно руководствоваться данными : [1] табл. 1-32, 1-33 и стр. 16, табл. 1-34, 1-35, 1-36, 1-37, 1-38, 1-39; [2] стр. 105-138; [3] стр. 148, табл. 2...15, стр. 180, табл. 2,5,7,9,18...20; [4] стр. 120, табл. 3,4,11...16,22,23,24,32...42,62...66.

4. Определить величины минимальных припусков на обработку $z_{i\min}$ по всем технологическим переходам и записать в графу 7 расчетной карты. Расчет производить по формулам (1)-(3) [1]; (5)-(7) [2]; (5)-(7) [3]; (1)-(2) [4]. На каждом из технологических переходов величина $z_{i\min}$ определяется суммированием значений Rz_{i-1} , T_{i-1} , ρ_{i-1} , полученных на предшествующем переходе, и значений δ_i , полученных на выполняемом переходе. Полученное значение $z_{i\min}$ записывается в графу 7 в строке выполняемого перехода.

Для определения номинальных размеров заготовок (поковок, отливок и т.п.), по которым изготавливают технологическую оснастку (штампы, прессформы, модели, приспособления), необходимо знать не минимальные, а номинальные припуски на обработку (рис. 1).

5. Определить расчетные значения номинальных припусков на обработку $z_{i\text{ном}}$ по всем технологическим переходам.

Для первой схемы, рис. 1а

$$z_{i\text{ном}} = z_{i\min} + \delta_{i-1} - \delta_i$$

Для второй схемы, рис. 1б $z_{i\text{ном}}$ определяется суммированием минимального припуска на данный переход (графа 7) с допуском на предшествующий переход (графа 8)

$$z_{i\text{ном}} = z_{i\min} + \delta_{i-1}$$

Полученные значения $z_{i\text{ном}}$ записать в графу 9. В расчетный номинальный припуск на черновую обработку включается не весь допуск заготовки, а только минусовая его часть для схемы вала или только плюсовая часть допуска для схемы отверстия (рис.2).

6. Записать для конечного перехода в графу 11 "расчетный размер":

а) для наружных поверхностей наибольший предельный размер детали по чертежу

$$d_p = d_{\text{дет max}}$$

б) для внутренних поверхностей – наименьший предельный размер детали по чертежу

$$d_p = d_{\text{дет min}}$$

Расчет межпереходных (операционных) размеров ведется обратного хода технологического процесса обработки поверхностей.

7. Построить принятую графическую схему расположения межпереходных припусков и допусков (см. рис. 1 и 2) для всех технологических переходов обработки поверхности.

8. Последовательно определить расчетные размеры (графа 11) для каждого предшествующего перехода путем:

а) для наружных поверхностей – прибавления к расчетному размеру следующего за ним смежного

перехода расчетного номинального припуска

$$d_{pi-1} = d_{pi} + z_{iном};$$

б) для внутренних поверхностей – вычитания из расчетного размера следующего за ним смежного перехода расчетного номинального припуска

$$d_{pi-1} = d_{pi} - z_{iном}$$

9. Полученные в графе 11 расчетные межпереходные (операционные) размеры округлить и записать в графу 12. Округление промежуточных размеров производить до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода, для вала в сторону увеличения, для отверстия в сторону уменьшения размера.

10. Записать в графу 12 с соответствующим знаком величины допусков предельных отклонений на операционные (межпереходные) размеры. Значения межпереходных допусков берутся из графы 8, при этом, как отмечалось выше, межпереходные допуски отсчитываются в "материал детали", т.е. для валов – со знаком минус, а для отверстий – со знаком плюс.

11. В графу 10 записать принятые величины номинальных припусков по всем технологическим переходам, определенные путем:

а) для наружных поверхностей – вычитания из операционного размера предшествующего перехода операционного размера выполняемого перехода (графа 12);

б) для внутренних поверхностей – вычитания из операционного размера выполняемого перехода операционного размера предшествующего перехода (графа 12).

12. Определить общий номинальный припуск $z_{0ном}$, суммировав промежуточные номинальные припуски $z_{iном}$.

$$z_{0ном} = \sum_{i=1}^m z_{iном}$$

13. Для остальных поверхностей детали определить промежуточные и общие припуски по укрупненным табличным нормативам, по данным: [1] табл. 2-1, ..., 2-13; [2] стр. 181-195; [3] стр. 203, табл. 31...63; [4] стр. 143, табл. 23,36.

Порядок определения промежуточных и исходных размеров заготовки аналогичен изложенному выше при расчетно-аналитическом методе определения припусков на обработку. В расчетной карте заполнить только графы 9 и 14.

14. Спроектировать чертеж заготовки для выбранного метода и способа её получения с учетом необходимых припусков, напусков, допусков и требований, соответствующих ГОСТ [1] стр. 18; [4] стр. 114-174; [5,6].

15. Скорректировать припуск на черновую обработку, определяя его как разность между принятым по чертежу заготовки общим припуском на обработку и суммой промежуточных припусков на чистовую и отделочную операции:

$$z_{1ном} = z_{0ном} - \sum_{i=1}^{m-1} z_{iном}$$

В случае, если из-за введения напусков весь припуск $z_{1ном}$ не может быть удален за один технологический переход, то черновая операция выполняется за два перехода. Соответствующие

В связи с разнохарактерностью действий при расчете размеров для наружных и внутренних поверхностей рекомендуется во избежание ошибок группировать в расчетной карте наружные и внутренние поверхности, а не записывать их вперемешку.

Технология машиностроения

Отрезание относится к обработке металлов резанием:

- строгание;
- фрезерование;
- точение

Используются для чернового обтачивания заготовок:

- отрезные резцы;
- обдирочные резцы;
- фасонные резцы

Процесс образования отверстия в сплошном материале:

- точение;
- протягивание;
- сверление

Обработка резанием стенок или входной части отверстия:

- сверление;
- зенкерование;
- развертывание

Операция по механической обработке резанием стенок отверстий с целью получения высокой точности и чистоты поверхности:

- сверление;
- развертывание;
- зенкерование}

Снятие стружки вращающимися многолезвийными инструментами:

- точение;
- строгание;
- фрезерование

Осуществляется абразивными зёрнами, вкрапленными в твердое связующее вещество:

- точение;
- шлифование;
- фрезерование}

Способ обработки ширины плоскости к её длине:

- точение;
- строгание;
- шлифование

Предназначены для обработки боковых поверхностей заготовок:
прорезные резцы;
подрезные резцы;
обдирочные резцы}

Для обработки точных цилиндрических отверстий плоских и фасонных поверхностей применяется:
протягивание;
точение;
сверление

Изделием машиностроительного производства называется:
предмет (набор предметов), являющийся продуктом конечной стадии производства (завода, цеха, участка, линии).
продукция, предназначенная для доставки заказчиком или для реализации торговым организациям.
предмет, изготовленный из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций.
это предмет, из которого с изменением формы, размеров, свойств поверхности или материала изготавливают деталь.

Производственный процесс - это
действия по изменению формы детали
изготовление деталей на машиностроительном заводе
совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления или ремонта выпускаемых изделий.
изготовление и ремонт изделий

Базирование - это
определенное положение заготовки относительно инструмента
закрепление заготовки в приспособлении
лишение заготовки шести степеней свободы
придание заготовке требуемого положения относительно системы координат станка

Технологической называется база,
используемая для определения положения детали в изделии
используемая для определения положения заготовки в процессе ее обработки или ремонта
от которой ведется отсчет выполняемых размеров
которая используется при выполнении первой технологической операции

В чем сущность нарезания зубчатых колес методом копирования?
нарезание производят фасонными фрезами
профиль инструмента повторяет профиль впадины зубчатого колеса

инструмент и зубчатое колесо катятся друг по другу без скольжения

Конструкторскими называют базы, которые используют:

при проектировании изделия
для определения положения детали или сборочной единицы в изделии
для определения относительного положения заготовки или изделия в процессе изготовления

В чем отличие литья в кокиль от литья в землю?

способом заливки металла
материалом из которого выполнена форма
металл заливается в постоянную металлическую форму}

Деталь – это

составная часть изделия, которая может быть собрана самостоятельно
вид изделия, выпускаемый на предприятии
предмет, изготавливаемый на предприятии
вид изделия, полученный из одного куска однородного материала без применения сборки

Сборочная единица – это

составная часть изделия
предмет производства, подлежащий изготовлению на предприятии
изделие, состоящее из двух или более частей, соединенных между собой на предприятии-изготовителе
несколько специфированных изделий, служащих для выполнения основных функций

Балансировкой деталей называется операция

пригонки деталей и сборочных единиц
по устранению биения соединений
по устранению неуравновешенности деталей и сборочных единиц
пригонки и регулирования сопрягаемых поверхностей

Под общей сборкой понимают:

получение готового изделия
соединение составных частей изделия
сборку готовых изделий из сборочных единиц и деталей
законченную часть технологического процесса сборки

Каким методом контролируют правильность зацепления зубчатых колес?

с помощью щупа
приработкой зубчатой пары
по окраске
прокатыванием между зубьями свинцовой проволоки

Как называется изделие, выполненное из однородного материала без применения сборочных операций?

сборочная единица;

деталь;

комплекс;

комплект

Как называется продукт труда, прошедший одну или несколько стадий обработки на одном предприятии и предназначенный для дальнейшей обработки на другом предприятии?

комплектующее;

материал;

полуфабрикат;

заготовка.

Как называется размер, установленный в процессе измерения с допускаемой измерительным прибором погрешностью?

действительный;

номинальный;

средний;

реальный.

Как называется совокупность микронеровностей с относительно малыми шагами, образующих микроскопический рельеф поверхности детали?

неровность;

шероховатость;

чистота поверхности;

волнистость.

Как называется совокупность всех действий людей и орудий труда, направленных на превращение сырья, материалов и полуфабрикатов в изделие?

механический процесс;

технологический процесс;

производственный процесс;

рабочий процесс.

Как называется часть технологического процесса, выполняемая непрерывно на одном рабочем месте над изготавливаемым изделием?

работа;

операция;

установка;

приём.

Как называется производство, при котором процесс изготовления изделий ведется партиями?

единичное;
серийное;
массовое;
индивидуальное.

При изготовлении детали припуски назначаются на
внешние обрабатываемые поверхности;
поверхности цилиндрических отверстий;
некоторые обрабатываемые поверхности;
все обрабатываемые поверхности

Что не является достоинством литья в землю по деревянным моделям?

получение отливок любой сложности;
большие припуски;
неограниченные размеры отливок;
низкая себестоимость.

Литье по выплавляемым моделям характеризуется тем, что

форма и модель разовые;
разовая только форма;
разовая только модель;
нет правильного ответа

Из чего изготавливаются формы для литья под давлением?

жаропрочная сталь;
чугун;
алюминий;
пластмасса.

Какое оборудование используется для литья под давлением:

гидравлический пресс;
машина с горячей камерой сжатия;
паровоздушный молот;
машина с холодной камерой сжатия.

Что остается неизменным при обработке заготовки давлением?

линейные размеры;
объем;
форма;
все параметры меняются.

Что такое стойкость режущего инструмента?

время непрерывной работы до первой переточки;

время непрерывной работы между переточками;
время эксплуатации до полного износа;
способность сопротивления истиранию.

Какой из нижеперечисленных материалов является основным материалом режущих инструментов?

углеродистая инструментальная сталь;
легированная инструментальная сталь;
быстрорежущая сталь;
металлокерамические твердые сплавы.

Какая группа металлорежущих станков обладает наибольшей универсальностью?

фрезерные;
токарные;
сверлильные;
строгальные.

На что указывает число 35 в обозначении сверлильного станка 2Н135?

наименьший диаметр сверления;
наибольший диаметр сверления;
максимальную длину отверстия;
наибольший размер детали.

Горизонтально-расточные станки используются для

обработки отверстий в мелких деталях;
обработки отверстий в крупных деталях;
шлифования плоскостей;
строгания отверстий.

Куда устанавливается деталь при обработке на вертикально-сверлильных станках:

в шпиндель;
на стол станка;
на станину;
в суппорт.

Какой из методов поверхностного пластического деформирования относится к способам выглаживания?

дорнование;
обкатывание;
раскатывание;
полирование.

Какой вид сборки применяется для сборки тяжелых, сложных и уникальных изделий?

стационарная сборка;
подвижная сборка;
и стационарная, и подвижная;
ни стационарная, ни подвижная.

По какой формуле вычисляется такт выпуска изделия?

$t=60\Phi/N$;
 $t=60N/\Phi$;
 $t=360\Phi/N$;
 $t=0,6\Phi/N$.

Для предотвращения ослабления резьбовых соединений применяют:

контргайки;
пружинные шайбы;
шплинты;
все варианты.

Что важно обеспечить при сборке зубчатых передач:

плавность работы;
боковой зазор;
осевой люфт;
плотность контакта.

Что лежит в основе электроэрозионной обработки:

дуговой разряд;
искровой разряд;
химическое травление;
механическое разрушение.

Что лежит в основе электрохимической обработки:

химическое травление;
искровой разряд;
анодное растворение;
электродный потенциал.

Что является недостатком способа электрохимической обработки:

низкая шероховатость обработанной поверхности;
высокая энергоёмкость процесса;
отсутствие механического воздействия на поверхность;
низкая размерная точность обработки.

Что такое технологическая подготовка производства?

Совокупность мероприятий, предшествующих началу выпуска продукции

Совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность производства

Приобретение оборудования для выпуска продукции определенной номенклатуры

Подготовка оборудования и производственного персонала к началу выпуска новой продукции}

На каком этапе проектирования производства реализуются возможности по созданию гибкого производства, проводится технологическая унификация

экономический
конструкторский
технологический
организационный

К рабочим ходам относятся:

врезание инструмента
подвод инструмента
изменение формы заготовки
смена инструмента

Соединения нескольких простых технологических переходов в одну сложную операцию называется

дифференциацией операций
концентрацией операций
синтезом операций
усложнением операций

Совокупность действий, производимых над деталью при однократной установке на какие-либо технологические базы и закреплении называется

операцией
установом
позицией
переходом

Часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда – это:

производственный процесс
технологический процесс
групповой процесс
единичный процесс

Технологический процесс, выполняемый по документации, в которой содержание операций излагается с указанием переходов и режимов обработки?

маршрутно-операционный ТП

перспективный ТП
операционный ТП
типовой ТП

Законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменениями формы, размеров, качества поверхности или свойств заготовки – это:

установ
вспомогательный ход
позиция
рабочий ход

Поверхности (либо их элементы), участвующие в определении положения этой детали в машине или сборочной единице называются

свободными
комплект основных баз
исполнительными
рабочая поверхность

Комплект вспомогательных баз – это

поверхности, которыми деталь преобразует движение
поверхности, участвующие в определении положения в изделии (машине)
другой детали, присоединяемой к данной.

поверхности, участвующие в определении положения этой детали в машине
или сборочной единице

поверхности, ограничивающие материал и связывающие основные и
вспомогательные базы и исполнительные поверхности

Детали, посредством которых в сборочной единице производится преобразование движения по характеру, величине или направлению называются:

опорные детали
унифицированные детали
кинематические звенья
заимствованные детали из других СЕ

Опорной называют базу, которая лишает заготовку

3-х степеней свободы
4-х степеней свободы
2-х степеней свободы
1-й степени свободы
5-и степеней свободы

При классификации по конструктивному оформлению различают базы

основные
явные
вспомогательные
скрытые

Технические требования могут содержать
предельные отклонения размеров, не оговоренных чертежом;
шероховатость поверхности;
допустимые отклонения формы поверхностей;
допустимые отклонения взаимного расположения поверхностей;
суммарные допуски формы и расположения;
указания о требованиях к заготовке, виде термической обработки и твердости рабочих поверхностей.

Какие технические требования являются допустимыми отклонениями взаимного расположения поверхностей :

параллельность
торцовое биение
плоскостность
соосность
перпендикулярность
симметричность

Коэффициент использования материала – это
отношение массы заготовки к массе детали
отношение массы отходов к массе детали
отношение массы отходов к массе заготовки
отношение массы детали к массе заготовки

Какой метод получения заготовки использует ковку и штамповку:

прокат
отливка
обработка давлением
порошковая металлургия

Выбор метода получения заготовки определяется факторами:

вид термообработки
материал детали
шероховатость поверхностей
конфигурация детали

Тип производства может определяться
коэффициентом серийности
коэффициентом автоматизации операций
коэффициентом использования материала

коэффициентом использования оборудования

Расчет оптимального размера партии деталей может быть произведен по соотношению $t_{нз}$ и времени обработки всей партии деталей по числу дней запаса изготовленных деталей для обеспечения сборки по размеру склада готовой продукции по производительности используемого оборудования по емкости технологической тары по грузоподъемности транспортных средств участка

Формула
$$N_{\bar{a}} = N_{CE} \cdot n_{\bar{a}} \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100} \right)$$
 позволяет определить

программу выпуска деталей.

Объем выпуска деталей.

Тип производства.

Объем выпуска запасных частей.

Ритм выпуска деталей.

По формуле
$$\frac{F_{\bar{a}} \cdot 60 \text{ м}}{N}$$
 определяется

Ритм партии запуска.

Ритм выпуска изделий.

Такт выпуска изделий.

Коэффициент закрепления операций.

Объем выпуска изделий.

Разность между наибольшим и наименьшим размером детали в партии обработанных заготовок называется

Поле допуска

Координатой середины поля допуска

Фактическим уточнением

Поле рассеяния

Координатой середины поля рассеяния

Полусумма верхнего и нижнего отклонения размера детали называется

Фактическим уточнением

Поле рассеяния

Координатой середины поля рассеяния

Поле допуска

Координатой середины поля допуска

Групповым технологическим процессом называется

Совокупность групповых технологических операций, обеспечивающих обработку различных деталей группы по общему технологическому маршруту

Совокупность групповых технологических операций, обеспечивающих обработку деталей с общими конструктивно-технологическими признаками

Совокупность групповых технологических операций, обеспечивающих обработку деталей одинаковой конфигурации

Совокупность групповых технологических операций, обеспечивающих обработку различных деталей группы с точностью заданного качества

Технологический процесс изготовления изделий одного наименования, типоразмера и исполнения не зависимо от типа производства относится

к унифицированным ТП

к единичным ТП

к типовым ТП

к маршрутным ТП

Технологический переход-это:

законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предметов труда, но необходимы для выполнения технологического перехода.

законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах.

законченная часть технологической операции по установке заготовки

законченная часть технологической операции по изменению положения инструмента

Детали, посредством которых в сборочной единице производится преобразование движения по характеру, величине или направлению называются:

опорные детали

унифицированные детали

кинематические звенья

заимствованные детали из других СЕ

Какие технические требования являются допустимыми отклонениями от формы:

прямолинейности

радиальное биение

плоскостность

соосность

цилиндричность

симметричность

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

ТЕХНОЛОГИЯ КОНТРОЛЯ И ИСПЫТАНИЙ МАШИН

Практикум по выполнению
лабораторных работ

Ростов-на-Дону
2016

УДК 621: 620. 179(07)

Составитель канд. техн. наук Г.А. Прокопец

Технология контроля и испытаний машин: практикум по выполнению лабораторных работ. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2016. – 55 с.

В практикуме излагается методика выбора специальных и универсальных контрольно-измерительных средств для контроля размеров, приводятся необходимые расчетные зависимости, справочные материалы, методики проектирования контрольного приспособления и статистической обработки результатов контрольных измерений.

Печатается по решению методической комиссии факультета
«Технология машиностроения»

Рецензент кандидат технических наук, доцент И.А. Семко
Научный редактор кандидат технических наук, доцент А.Д. Лукьянов

© Издательский центр ДГТУ, 2016

Содержание

Лабораторная работа №1 ВЫБОР КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ	4
Лабораторная работа №2 РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ.....	14
Лабораторная работа №3 РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ БАЗИРОВАНИЯ ДЕТАЛИ И ЭСКИЗА КОНТРОЛЬНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.....	23
Лабораторная работа №4 РАСЧЕТ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ПРЕДЕЛЬНЫХ КАЛИБРОВ	33
Лабораторная работа №5 СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ.....	46
<i>Литература</i>	52
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	53
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	54

Лабораторная работа №1

ВЫБОР КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ

1. Цель работы: Ознакомление с методикой выбора контрольно-измерительного средства при контроле линейных размеров различной точности.

2. Последовательность выполнения работы:

2.1. Анализ исходных данных

Исходными данными являются: чертеж изделия (детали сборочной единицы), технологический процесс изготовления изделия, тип производства, в условиях которого будет реализован технологический процесс.

Необходимо изучить чертеж детали, четко определить форму контролируемой поверхности, доступ к ней, численные значения допуска на контролируемый размер и его расположение. При выборе контрольно-измерительного средства необходимо учитывать тип производства. В единичном и мелкосерийном производстве применяют универсальные средства контроля и измерений, так как изготовление специальной оснастки не только экономически нецелесообразно, но и значительно удлиняет процесс ТПП. В крупносерийном и массовом производстве применяют специализированные или специальные средства, а универсальные средства применяют для наладки и контроля технологического процесса. В среднесерийном производстве в зависимости от объема выпуска деталей и степени автоматизации оборудования, применяемого в технологическом процессе, допускается применение как специализированных, так и универсальных средств контроля. Изучение технологического процесса изготовления детали позволяет определить состояние поверхностей детали и грамотно определить измерительные базы для контроля рассматриваемого параметра.

2.2. Выбор измерительных баз

Выбор баз оказывает существенное влияние на точность измерений. Необходимо руководствоваться принципом совмещения баз: целесообразно, чтобы измерительная база совпадала с конструктор-

ской размерной базой. В противном случае при выборе средства измерения придется учитывать погрешность, вызванную несовпадением баз. При этом необходимо обеспечить наибольшую возможную точность положения измерительной базы относительно конструкторской размерной базы. При выборе баз необходимо также обеспечить, чтобы линия измерения совпадала с направлением измеряемого размера.

2.3. Определение максимально допустимой погрешности измерения

Максимально допустимая погрешность измерения $\Delta_{\text{изм}}$ зависит от размеров поверхности и качества точности контролируемого размера. Максимально допустимая погрешность измерения определяется по таблице 1.1, причем следует выбирать ее величину по ближайшему меньшему значению. Допускается определять $\Delta_{\text{изм}}$ для грубых качеств – около 20%, для точных качеств – около 35% от допуска на размер. Установленные стандартом погрешности измерения являются наибольшими, которые можно допускать при измерении, они включают как случайные, так и неучтенные систематические погрешности измерения. Случайная погрешность измерения не должна превышать 0,6 от предела допускаемой погрешности измерения.

Таблица 1.1

Погрешность измерения

Номинальные размеры, мм	Погрешность измерения $\Delta_{\text{изм}}$ в зависимости от качества, мкм								
	2	3	4	5	6	7	8	9	
До 3	0,4	0,8	1,0	1,4	1,8	3,0	3,0	6	
Св. 2 до 6	0,6	1,0	1,4	1,6	2,0	3,0	4,0	8	
Св. 6 до 10	0,6	1,0	1,4	2,0	2,0	4,0	5,0	9	
Св. 10 до 18	0,8	1,2	1,6	2,8	3,0	5,0	7,0	10	
Св. 18 до 30	1,0	1,4	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	12	
Св. 30 до 50	1,0	1,4	2,4	4,0	5,0	7,0	10,0	16	
Св. 50 до 80	1,2	1,8	2,8	4,0	5,0	9,0	12,0	18	
Св. 80 до 120	1,6	2,0	3,0	5,0	6,0	10,0	12,0	20	
Св.120 до 180	2,0	2,8	4,0	6,0	7,0	12,0	16,0	30	
Св.180 до 250	2,8	4,0	5,0	7,0	8,0	12,0	18,0	30	
Св.250 до 315	3,0	4,0	5,0	8,0	10,0	14,0	20,0	30	
Св.315 до 400	3,0	5,0	6,0	9,0	10,0	16,0	24,0	40	
Св.400 до 500	4,0	5,0	6,0	9,0	12,0	18,0	26,0	40	

Окончание табл. 1.1

Номинальные размеры, мм	Погрешность измерения $\Delta_{изм}$ в зависимости от качества, мкм							
	10	11	12	13	14	15	16	17
До 3	8	12	20	30	50	80	120	200
Св. 2 до 6	10	16	30	40	60	100	160	240
Св. 6 до 10	12	18	30	50	80	120	200	300
Св. 10 до 18	14	30	40	60	90	140	240	380
Св. 18 до 30	18	30	50	70	120	180	280	440
Св. 30 до 50	20	40	50	80	140	200	320	500
Св. 50 до 80	30	40	60	100	160	240	400	600
Св. 80 до 120	30	50	70	120	180	280	440	700
Св.120 до 180	40	50	80	140	200	320	500	800
Св.180 до 250	40	60	100	160	240	380	600	1000
Св.250 до 315	50	70	120	180	260	440	700	1100
Св.315 до 400	50	80	120	180	280	460	800	1200
Св.400 до 500	50	80	140	200	320	500	800	1400

2.4. Определение степени влияния погрешности измерения на точность размера

Влияние погрешности измерения может проявляться в том, что часть измеренных деталей m будет отнесена к годным, хотя истинные значения их размеров находятся за пределами поля допуска (неправильно принятые), а часть деталей n , имеющих размеры в пределах допуска, будет отнесена к бракованным (неправильно забракованные). Параметр C характеризует вероятностную предельную величину выхода размера за каждую границу поля допуска у неправильно принятых деталей. Параметры m , n и C определяются вероятностным расчетом и зависят от законов распределения погрешности изготовления и измерения. На рис. 1.1–1.3 представлены графики для определения величин m , n и C при распределении контролируемых параметров по нормальному закону (сплошные кривые) и по закону равной вероятности (штриховые кривые). По оси абсцисс указана относительная точность изготовления изделий, выраженная как отношение допуска изготовления IT к среднему квадратическому отклонению погрешности изготовления $\sigma_{мex.}$. Параметры m и C определены с доверительной вероятностью 0,9973. Каждая кривая графика соответствует определенному значению относительной погрешности измерения:

$$A_{мет. \sigma} = \frac{\sigma}{IT} \cdot 100\%,$$

где σ – среднее квадратическое отклонение погрешности измерения.

При определении параметров m , n и C рекомендуется принимать $A_{мет. \sigma} = 16\%$ – для квалитетов 2-7; 12% – для квалитетов 8 и 9; 10% – для 10 квалитета и грубее. Параметры m , n и C на рис. 1.1 и 1.3 даны при симметричном расположении допуска относительно центра группирования размеров контролируемых деталей. Возможные предельные значения параметров m , n и C , соответствующие экстремальным значениям кривых представлены в табл. 1.2.

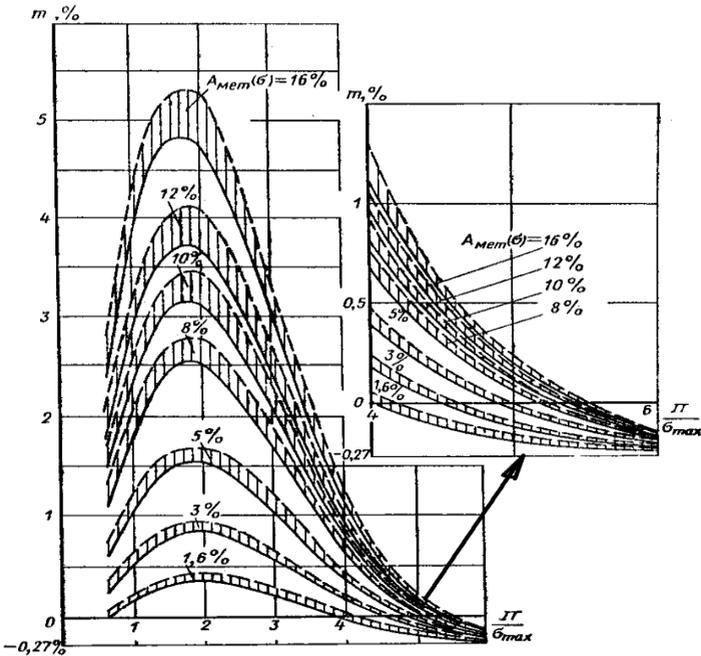


Рис. 1.1. Количество m неправильно принятых деталей

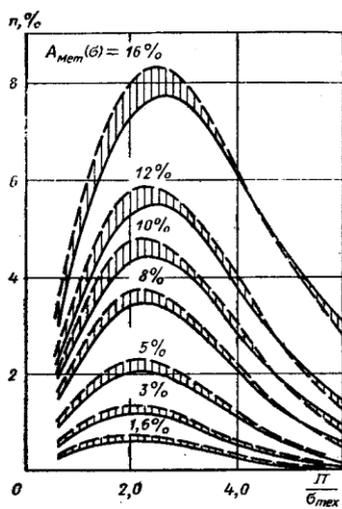


Рис. 1.2. Количество n неправильно забракованных деталей

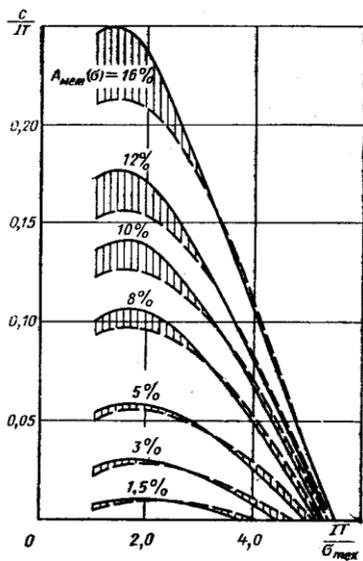


Рис. 1.3. Величина выхода размера неправильно принятых деталей за предельные размеры

Таблица 1.2

Возможные предельные параметры разбраковки
(при нормальном законе распределения размеров)

$A_{мет.} \sigma, \%$	$m, \%$	$n, \%$	$\frac{C}{IT}$	$A_{мет.} \sigma, \%$	$m, \%$	$n, \%$	$\frac{C}{IT}$
1,6	0,37-0,39	0,7-0,75	0,01	10	3,1-3,5	4,5-4,75	0,14
3	0,87-0,9	1,2-1,3	0,03	12	3,75-4,1	5,4-5,8	0,17
5	1,6-1,7	2,0-2,25	0,06	16	5,0-5,4	7,8-8,25	0,25
8	2,6-2,8	3,4-3,7	0,10				

2.5. Определение допустимости полученной погрешности измерения для контроля заданного размера

Пределы допускаемых погрешностей измерения могут быть увеличены в двух случаях: а) когда уменьшен допуск изделия по сравнению с контролируемым (т. е. когда вводится производственный допуск – допуск на изготовление, сокращенный для уменьшения отрицательного воздействия погрешностей измерения), что дает возможность использовать соответствующие менее точные средства измерения; б) при использовании в дальнейшем селективной сборки. Если по условиям работы изделия влияние погрешностей измерения признается недопустимым, то оставляют выбранный допуск и этим устанавливают, что приемочными границами будут являться предельные размеры изделия. Если влияние погрешности измерения недопустимо, то либо по согласованию с конструктором выбирают другой квалитет, при котором влияние погрешности измерения будет признано допустимым, либо вводят производственный допуск, когда приемочные границы смещаются внутрь поля допуска (происходит уменьшение допуска на изготовление) (рис. 1.4, б, в). При введении производственного допуска могут быть два варианта, в зависимости от того, известна или нет точность технологического процесса.

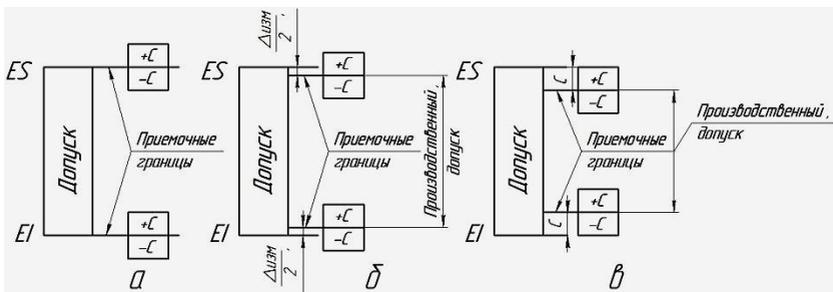


Рис. 1.4. Варианты приемочных границ

2.6. Выбор контрольно-измерительного средства

При использовании универсальных средств контроля средство измерения выбирают по допустимой погрешности измерения (погрешность измерения является одной из характеристик средства измерения) в зависимости от формы и расположения измеряемой поверхности, ее номинального размера. В случае применения специальных средств измерения, например калибра-скобы, производится ее проектирование по соответствующим методикам. Также при выборе средства измерения необходимо учитывать влияние на точность измерения измерительного усилия, которое может вызвать деформацию измеряемой поверхности. Это особенно важно при замере нежестких деталей, для которых принимают средства измерения с минимальным измерительным усилием. На практике такое влияние определяется экспериментально.

Пример выполнения лабораторной работы

Задание. Дать анализ конструкции, выбрать и обосновать средство контроля для размера $12h9$ втулки, изготавливаемой в условиях серийного производства (рис. 1.5).

Анализ исходных данных. Деталь «втулка» является телом вращения. Исходя из эксплуатационных требований деталь должна быть изготовлена в условиях серийного производства с контролируемым размером $12H9_{(-0,043)}$. Этот размер представляет собой расстояние между двумя наружными плоскими поверхностями.

Выбор измерительных баз. Размерной базой для этого размера является плоскость симметрии детали. Для реализации этой плоскости симметрии в качестве измерительной базы необходимо использование специального ориентирующего устройства. Так как расположение поверхностей в явном виде не задано относительно плоскости симметрии, и допуск на этот параметр равен допуску на размер, то допустимо в качестве измерительной базы использовать одну из плоских поверхностей, формирующих размер.

Определение максимально допустимой погрешности измерения. По табл. 1.1 устанавливаем, что для 9 качества и номинала 12, входящего в интервал размеров от 10 до 18 мм, допустимая погрешность измерения составляет 10 мкм или 0,01 мм.

Определение степени влияния погрешности измерения на точность размера. Для 9 качества принимаем в соответствии с рекомендациями $A_{мет.} \sigma = 12\%$. По табл. 1.2 находим, что для $A_{мет.} \sigma = 12\%$ количество неправильно принятых деталей m находится в пределах 3,75...4,1%, количество неправильно отбракованных деталей n находится в диапазоне 5,4...5,8%. Тогда при неизвестных (в нашем случае) законе распределения контролируемых размеров и среднем квадратическом отклонении погрешности изготовления принимаем $m=4,0\%$, $n=5,6\%$, т. е. среди годных деталей может оказаться до 4,0% неправильно принятых деталей. Вероятностная предельная величина выхода размера за каждую границу поля допуска у неправильно принятых деталей составляет $C=0,17IT \approx 0,17 * 0,043 = 7,3 \text{ мкм}$ (рис. 1.6).

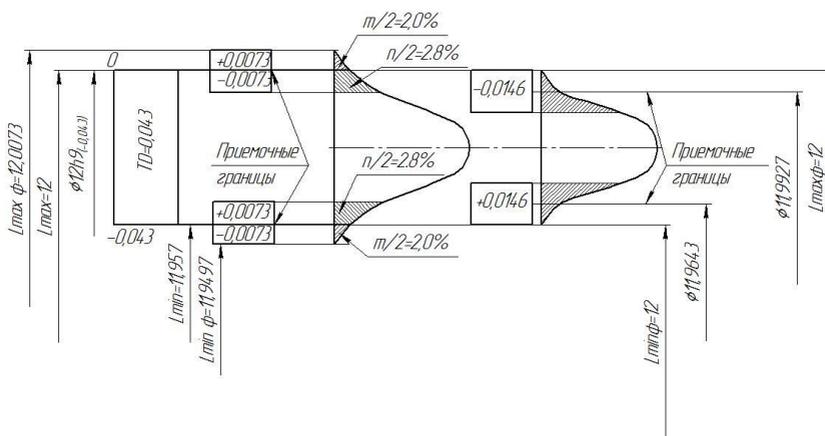


Рис.1.6. Варианты приемочных границ для контроля размера $12h9(-0,043)$:

L_{max} , L_{min} – заданные чертежом предельные размеры детали,

$L_{maxф}$, $L_{minф}$ – фактические предельные размеры деталей
в партии принятых деталей

Определение допустимости полученной погрешности измерения для контроля заданного размера. При принятой погрешности из-

мерения вероятность выхода размера за пределы допуска – 4%, величина выхода при нормальном распределении размеров на поле рассеяния – 7,3 мкм или 0,0073 мм. В этом случае приемочными границами будут заданные чертежом предельные размеры детали $L_{\max}=12\text{мм}$, $L_{\min}=11,957\text{мм}$, а фактические размеры в принятой партии деталей $L_{\max\phi}=12,0073\text{мм}$, $L_{\min\phi}=11,9497\text{мм}$. Допустим, что для принятых условий эксплуатации такая погрешность размера недопустима, тогда вводим производственный допуск, т.е. допуск, заданный конструктором (указанный на чертеже детали) уменьшаем на величину, равную $2C$, смещая на величину C каждое из предельных отклонений внутрь поля допуска (см. рис. 1.6), т. е. $L_{\max}=11,9927\text{мм}$, $L_{\min}=11,9643\text{мм}$, а допуск составит 0,0284мм. В этом случае либо необходимо изменить допуск на изготовление детали, что приведет к увеличению трудоёмкости обработки, либо сузить приемочные границы, что приведет к тому, что доля неправильно отбракованных деталей резко возрастет и составит около 10%. Решение должно приниматься с учетом экономических факторов.

Выбор контрольно-измерительного средства. Для измерения наружного размера, представляющего собой расстояние между двумя симметрично расположенными плоскостями, при допустимой погрешности измерения 0,01 мм и приемочными границами, совпадающими с предельными размерами детали, заданными чертежом, в условиях серийного производства принимаем скобу рычажную, имеющую следующие характеристики: пределы измерения – 0–25 мм, цена деления 0,005мм, погрешность показаний – $0\pm 0,0025\text{мм}$ (погрешность измерения 0,005 мм). При сужении приемочных границ принимаем скобу рычажную, имеющую следующие характеристики: пределы измерения – 0–25мм, цена деления 0,002мм, погрешность показаний – $0\pm 0,002\text{мм}$ (погрешность измерения по ГОСТ 11098-75 0,002мм).

Лабораторная работа №2

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

1. Цель работы: Разработка технического задания на проектирование специального средства технического оснащения операции технического контроля.

2. Последовательность выполнения работы:

2.1. Выявление и обоснование необходимости проектирования специального средства технического оснащения операции технического контроля

Необходимость проектирования специального средства технического оснащения определяется рядом факторов, в том числе характером контролируемого параметра, его точностью, условиями доступа к объекту контроля, типом производства, размером контролируемой партии, особыми условиями, например требованиями к производительности контроля, необходимостью синхронизации операций и др.

2.2. Основные требования к техническому заданию

Техническое задание является исходным документом для разработки объекта проектирования. Техническое задание (ТЗ) разрабатывают на основе исходных требований заказчика – заявки, а также на основе ТЗ на группу однородной продукции, технологических процессов механической обработки, сборки и контроля изделия, результатов выполненных научно-исследовательских и экспериментальных работ и пр. Требования, включаемые в ТЗ должны обеспечивать разработку СТО, соответствующих достижениям отечественной и зарубежной науки на предусмотренный период разработки. Разработчик ТЗ определяет, в зависимости от специфики изделия, в том числе технические, экономические и другие требования к СТО, этапы разработки, комплектность технической документации, порядок сдачи и приемки работ. Техническое задание должно содержать

необходимые и достаточные требования для разработки СТО. Техническое задание согласовывают с заказчиком. При необходимости по согласованию между разработчиком и заказчиком в утвержденное ТЗ вносят изменения. Не допускается изменять ТЗ после представления изделия на приемочные испытания.

Техническое задание начинается с формулировки служебного назначения ¹, как правило, состоит из следующих разделов: наименование и область применения; основание для разработки; цель и назначение разработки; источники разработки; технические требования; экономические показатели; стадии и этапы разработки; порядок контроля и приемки; приложения. В зависимости от вида, назначения и условий разработки и эксплуатации ТП или СТО допускается уточнять содержание разделов, вводить новые разделы или объединять отдельные из них.

2.3. Содержание технического задания

Наименование и область применения. Указывается наименование ТП или СТО и краткая характеристика области применения, общая характеристика объекта, в котором оно будет использоваться.

Основание для разработки. Указывается полное наименование документа, на основании которого разрабатывают ТП или СТО, организация, утвердившая этот документ и дата его утверждения, а также наименование темы разработки.

Цель и назначение разработки:

- цель разработки – СТО разрабатывается впервые, взамен устаревшего, в учебных целях и др.;
- назначение обработки – создание базового образца, модификация, модернизация и т.д.;
- задачи, решаемые разработкой или СТО – механизация или автоматизация процесса изготовления изделия, устранение разметки, повышение производительности труда и т.д.

¹ Служебное назначение – это максимально уточненная и четко сформулированная задача, для которой предназначено данное приспособление

Источники разработки. Приводится перечень основных документов (материалов) по результатам ранее проведенных работ, перечень образцов, прототипов, которые необходимо использовать при разработке ТП или СТО. Эти документы оформляются в виде приложения к ТЗ.

Технические требования. Раздел должен состоять из следующих основных подразделов, отражающих соответствующие требования к ТП или СТО.

- Состав ТП или СТО и требования к их содержанию (конструктивному устройству). В разделе указывают наименование, назначение и основные составляющие СТО; требования к СТО и его составным частям; требования к средствам защиты (от влаги, вибраций, шума, вредных испарений, коррозии и др.); требования к взаимозаменяемости СТО и их составных частей; требования к помехозащищенности и др.

- Показатели назначения. Указываются основные технологические параметры, определяющие целевое использование и применение ТП или СТО (вид используемого энергоносителя, механические свойства, достигаемая точность и др.).

- Требования к надежности. В общем случае указывают требования к долговечности, безотказности, ремонтпригодности.

- Требования к технологичности и метрологическому обеспечению СТО и эксплуатации. Приводятся требования производственной и эксплуатационной технологичности ТП или СТО (согласно стандартам ЕСТПП), определяющие возможность достижения заданных показателей качества изготавливаемых изделий в условиях реализации изготовления, монтажа, технического обслуживания и ремонта СТО при минимальных затратах (времени, средств, материалов и т.п.) на выполнение работ и высокой производительности труда. В этом пункте указывают при необходимости основные контролируемые параметры, квалификацию персонала и другие условия контроля и испытания СТО.

- Требования к уровню унификации и стандартизации. В разделе приводят требования к использованию стандартных и заимствованных сборочных единиц и деталей при разработке СТО, а также показатели уровня унификации СТО.

- Требования безопасности. Указываются требования к обеспечению безопасности при монтаже, эксплуатации, обслуживании и ремонте, допустимые уровни вибрационных и шумовых нагрузок в соответствии с системой стандартов по безопасности труда и другими действующими стандартами и нормативами.

- Эстетические и эргономические требования. Указываются требования технической эстетики, а также эргономические требования (удобство обслуживания, комфортабельность, усилия, требуемые для управления и т.д.).

- Требования к патентной чистоте. Указываются страны, в отношении которых должна быть обеспечена патентная чистота СТО.

- Требования к составным частям СТО, исходным и эксплуатационным материалам.

- Условия эксплуатации, требования к техническому обслуживанию и ремонту. В зависимости от вида и назначения СТО указываются условия эксплуатации, при которых должно обеспечиваться использование СТО с заданными техническими показателями; допустимое воздействие климатических условий (температуры, влажности, атмосферного давления, агрессивных сред, пыли и др.); допустимое воздействие механических нагрузок (вибрационных, ударных, скручивающих, ветровых и др.); время и способ подготовки СТО к использованию после транспортировки и хранения.

- Дополнительные требования. В общем случае в этом разделе могут указываться дополнительные требования, не вошедшие в предыдущие разделы. Например, требования особого обслуживания СТО или его составных частей; требования к маркировке (место и способ нанесения, содержание маркировки, требования к качеству маркировки), упаковке, транспортировке и хранению СТО и др. При наличии аналогичного СТО в ТЗ могут быть указаны только те параметры, значения которых отличаются от соответствующих параметров этого ТП или СТО.

Экономические показатели. Указывают ориентировочную эффективность и срок окупаемости затрат на разработку и освоение ТП или СТО, лимитную цену, предполагаемую годовую потребность,

а также экономические преимущества разрабатываемого СТО по сравнению с другими отечественными или зарубежными образцами и аналогами.

Стадии и этапы разработки. Необходимые стадии разработки и этапы работ устанавливаются по ГОСТ 2.103-68. Поэтапные сроки, указанные в ТЗ, являются ориентировочными. Основными сроками выполнения работ считаются сроки, установленные в договоре на выполнение опытно-конструкторских работ. В этом разделе указывают предприятие-изготовитель разрабатываемого СТО, а также необходимый состав технической документации на ТП или СТО, перечень документов, подлежащий представлению на экспертизу, стадии, на которых она производится, место ее проведения. Если документация не требует проведения экспертизы, то это указывают в ТЗ.

Порядок контроля и приемки. Приводят перечень документов, подлежащих согласованию и утверждению на отдельных стадиях разработки, перечень организаций, с которыми следует согласовывать документы.

Техническое задание оформляют в соответствии с общими требованиями к текстовым конструкторским документам по ГОСТ 2.105-95 на листах форматом А4 по ГОСТ 9327-60, как правило, без рамки, основной надписи и дополнительным граф к ней. Номера листов (страниц) проставляют в верхней части листа (над текстом).

Пример выполнения лабораторной работы

(Титульный лист условно не приводится)

Задание. Разработать техническое задание на проектирование приспособления для контроля параллельности направляющих ласточкина хвоста стола фрезерного станка.

1. Наименование и область применения.

Приспособление применяется в технологическом процессе изготовления стола фрезерного станка на 095 контрольной операции для контроля параллельности направляющих ласточкина хвоста (допуск размера 0,02мм. Чертеж детали представлен на рис. 2.1.

2. Основание для проектирования.

Основанием для проектирования является заявка-задание на проектирования приспособления, выданная на основе технологического процесса механической обработки стола фрезерного станка.

3. Цель и назначение приспособления.

Приспособление проектируется с целью оснащения технологической операции 095 Контрольной и предназначено для:

- для точного взаимного ориентирования детали и исполнительных поверхностей приспособления;
- для обеспечения точностных параметров контроля, а именно допустимой погрешности измерения не более 0,005мм;
- - снижения временных и физических затрат, связанных с установкой, закреплением и снятием заготовки.

4. Источники проектирования

- Технологический процесс механической обработки стола.
- Система ГОСТов ЕСТПП в области проектирования средств контроля при изготовлении деталей машиностроения и его отраслей.

5. Технические требования

5.1. Состав приспособления и требования к его конструктивному устройству

- В конструкции приспособления должны быть предусмотрены установочные элементы; элементы, определяющие взаимное расположение исполнительных поверхностей приспособления и контролируемой детали с требуемой точностью; показывающее устройство; корпус приспособления.

- Приспособление и его составные элементы должны соответствовать требованиям ГОСТ и обеспечивать решение вопросов, оговоренных в п.3.

- Масса приспособления не должна превышать 2,5 кг.

- Габаритные размеры приспособления должны обеспечивать возможность установки приспособления непосредственно на детали. Габаритные размеры детали 438x80x63, масса детали 11,6 кг.

- Установка детали с приспособлением производится на стол контролера.

- Конструкция быстро изнашиваемых элементов должна обеспечивать их быструю замену.

- Для установки приспособления на деталь размеры и конфигурация исполнительных элементов должны соответствовать расположению поверхностей, формирующих контролируемый размер.

5.2. Показатели назначения приспособления

Параметры детали, поступающей для контроля на приспособление:

- форма детали – призматическая;

- габаритные размеры – 438x80x63;

- шероховатость поверхностей, формирующих контролируемый размер – Ra1,25 мкм;

- на детали имеются легкоповреждаемые наружные поверхности с шероховатостью R_a1,25 мкм.

- объем партии обрабатываемых изделий – 1000 шт. в год.

Тип производства – серийный. Коэффициент загрузки приспособления – 0,05.

5.3. Требования к надежности

Срок службы приспособления – 2 года. Необходимо обеспечить ремонтпригодность путем замены контактных элементов. Сохраняемость – приспособление должно быть готово к эксплуатации после расконсервации без дополнительных мероприятий.

5.4. Требования к технологичности

Конструкция приспособления должна обеспечивать свободный доступ к местам, требующим контроля, регулировки и технического обслуживания, простоту и удобство настройки инструмента на контролируемый размер, быструю и лёгкую замену изношенных деталей. Составные части должны иметь минимальные размеры и простую форму и изготавливаться наиболее простыми и рациональными методами обработки.

5.5. Требования к уровню унификации и стандартизации

В приспособлении должны быть максимально использованы стандартные узлы и детали.

5.6. Требования к безопасности

Приспособление должно соответствовать общим требованиям безопасности, изложенным в методической и справочной литературе по проектированию приспособлений.

5.7. Эстетические и эргономические требования

Компоновка приспособления должна создавать впечатление целостной конструкции. Органы управления приспособлением должны обеспечивать удобство пользования ими и считывания измерительной информации с показывающего устройства.

5.8. Требования к исходным и эксплуатационным материалам

При выборе материалов для изготовления элементов приспособления руководствоваться требованиями к ресурсу работы контактных элементов приспособления, обращая особое внимание на износостойкость исполнительных поверхностей. Не использовать материалы, утилизация которых осложнена или загрязняющие окружающую среду.

5.9 Условия эксплуатации

Приспособление обслуживается контролером 4-го разряда. Не допускается использовать приспособление сразу после транспортировки или хранения, без предварительной проверки.

5.10. Стадии проектирования и этапы работ (табл. 2.1)

Срок выполнения работ – 0,15 месяца со дня утверждения заявки-задания на проектирование приспособления. По окончании работ разработчик представляет к защите: техническое задание; пояснительную записку; чертеж общего вида приспособления.

Таблица 2.1

Стадии проектирования и этапы проведения работ

Стадии проектирования	Этапы работ
Техническое задание	Разработка ТЗ, согласование и утверждение ТЗ на приспособления
Проектирование	Проведение проектно-расчетных работ по обоснованию основных элементов приспособления. Разработка эскизного проекта приспособления.
Разработка конструкторской документации	Разработка общего вида приспособления

Лабораторная работа №3

РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ БАЗИРОВАНИЯ ДЕТАЛИ И ЭСКИЗА КОНТРОЛЬНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

1. Цель работы: Освоить базовые элементы методики проектирования контрольных приспособлений.

2. Последовательность выполнения работы:

Общая методика проектирования технологической оснастки аналогична методике проектирования любой машины или механизма. Проектирование производится в соответствии с техническим заданием.

2.1. Анализ исходных данных

Необходимо выявить характер контролируемого параметра (размер линейный, угловой, описывающий точность формы или точность взаимного расположения поверхностей, внутридетальный, расстояние между поверхностями различных деталей, допуск на размер и пр.), рассмотреть возможность разработки унифицированного или комплексного средства контроля с учетом типа производства или количества деталей в партии и др.

2.2. Выбор схемы контроля и показывающего устройства

Разработка специального средства контроля начинается с выбора схемы контроля, которая представляет собой совокупность схемы установки сборочной единицы или детали и средств контроля, связанных с измерительными базами контролируемого объекта. Предпочтительным требованием при выборе схем контроля является применение таких схем, для которых возможна реализация комплексной проверки нескольких параметров с использованием одного средства измерения. Желательно проектирование унифицированных контрольных приспособлений. Схемы контроля ряда параметров точности можно найти в справочной литературе. Например, на рис. 3.1 приведена схема измерения параллельности плоскости Б к плоскости А. При перемещении измерительной стойки по плоскости А на длине l индикатором измеряют катет прямоугольного треугольника и оценивают параллельность отношением этого катета к базе l . Примеры схем контроля представлены на рисунках 3.1–3.7.

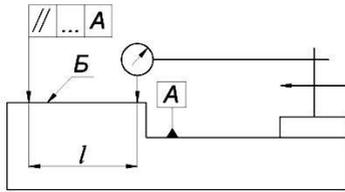


Рис. 3.1. Схема измерения параллельности плоскости Б к плоскости А

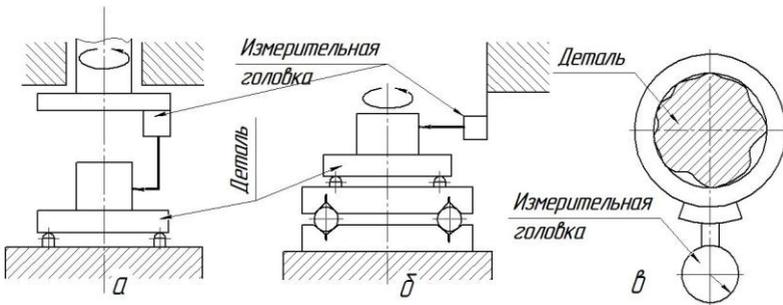


Рис. 3.2. Схемы измерения отклонений от круглости:
 а) вращающийся измерительный наконечник и неподвижная деталь;
 б) вращающаяся деталь и неподвижный наконечник;
 в) при помощи кольца (цельного или разжимного или разрезного для труднодоступных мест) и индикатора (деталь вращается)

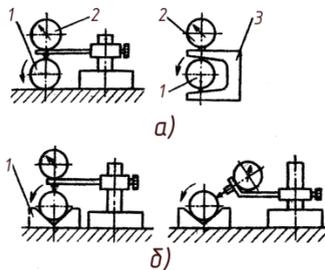


Рис. 3.3. Схемы измерения отклонений от круглости:
 а) двухконтактными устройствами: 1 — изделие, 2 — измерительная головка, 3 — скоба,
 б) трехконтактными устройствами

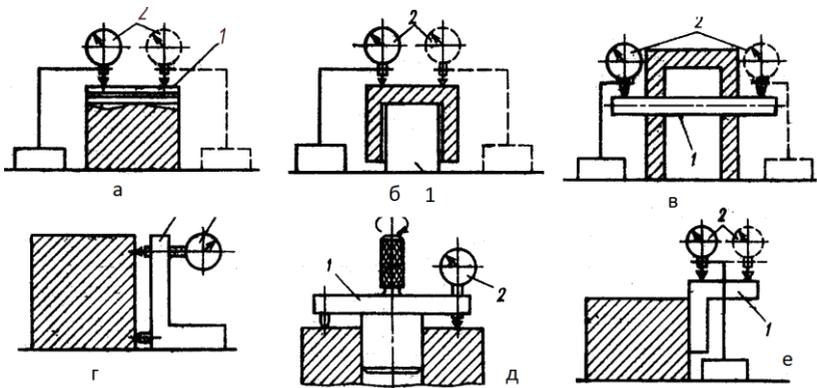


Рис. 3.4. Схемы измерения отклонения от параллельности и перпендикулярности:
 поз. 1 – а – измерительная линейка; б – опора с параллельными торцовыми
 поверхностями; в – оправка; г, е – угольник; д – цилиндрическая оправка;
 поз. 2 (для всех схем) – измерительная головка

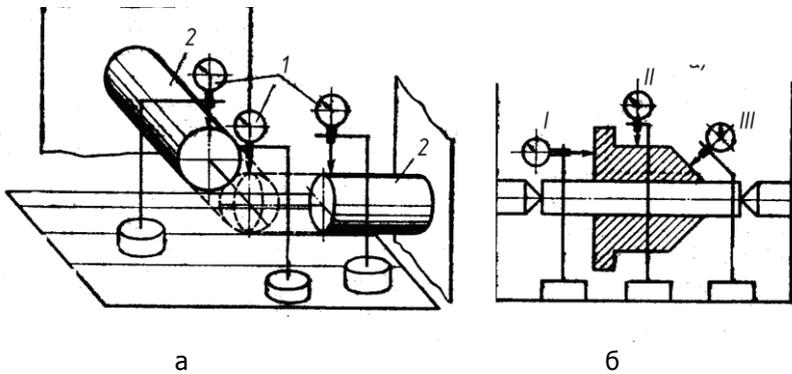


Рис. 3.5. Схемы измерения отклонений от заданного угла пересечения осей,
 полного осевого и торцевого биения:
 а) измерение пересечения осей;
 б) измерение торцевого, радиального биения
 и биения в заданном направлении

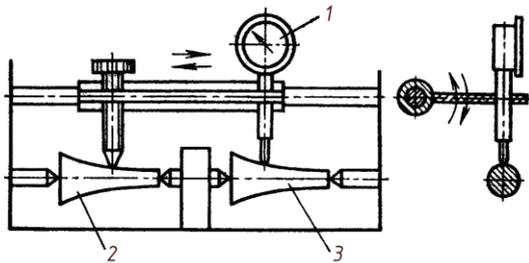


Рис. 3.6. Контроль фасонных поверхностей.
Копирное устройство (эталон):
1- измерительная головка; 2 – образец; 3 – контролируемая деталь

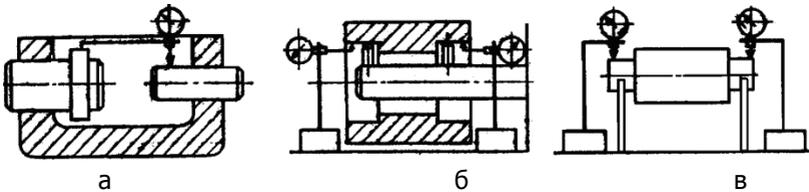


Рис. 3.7. Схемы измерения отклонения от соосности:
а) соосность с базовой поверхностью;
б) соосность относительно общей оси с использованием ножевых опор
(замер в крайних положениях);
в) соосность относительно общей оси с использованием
удлиненной оправки со сферическим наконечником

Перед проектированием специального контрольного приспособления необходимо определить допустимую погрешность измерения. Максимально допустимая погрешность измерения $\Delta_{изм.}$ зависит от размеров поверхности и качества точности контролируемого размера (см. лабораторную работу №1). После выбора схемы контроля и определения допустимой погрешности измерения для приспособлений, обеспечивающих выявление численного значения параметра точности, выбирается показывающее устройство (например, индикатор часового типа, измерительная головка и т.п.) и определяется его погрешность измерения по паспорту. На эту величину должна быть уменьшена допустимая погрешность измерения при проведении размерного анализа проектируемого приспособления, так как допустимая погрешность измерения является исходным звеном в размерной цепи.

2.3. Выбор измерительных баз

Выбор измерительных баз² оказывает существенное влияние на точность контроля и конструкцию специального средства контроля. При выборе баз необходимо руководствоваться принципом совмещения баз: целесообразно, чтобы измерительная база совпадала с конструкторской размерной базой. В противном случае при выборе средства измерения придется учитывать погрешность, вызванную несовпадением баз. При этом необходимо обеспечить наибольшую возможную точность положения измерительной базы относительно конструкторской размерной базы. На рис. 3.1. плоскость А используется для определения положения контрольной оснастки относительно измеряемой детали, она и служит измерительной базой.

При выборе баз необходимо также обеспечить, чтобы линия измерения совпадала с направлением измеряемого размера, т.е. отсутствовала компараторная погрешность. В остальном методика проектирования специальных контрольных приспособлений аналогична методике проектирования специальных станочных приспособлений. Далее разрабатывается теоретическая схема базирования контролируемой детали в приспособлении с обоснованием выбора баз с точки зрения обеспечения минимальной погрешности базирования в направлении контролируемого размера.

2.4. Разработка компоновки приспособления и предварительный размерный анализ его конструкции

Разработка компоновки начинается с вычерчивания объекта контроля в двух-трех (по необходимости) проекциях, далее условно тонкими линиями вычерчивается показывающее устройство, затем выбираются исполнительные поверхности и вспомогательные базы приспособления, определяющие взаимное расположение приспособления и объекта контроля и определяется их конструктивное оформление.

Далее необходимо выявить все виды связей, которые надо создать между исполнительными поверхностями и указанными вспо-

² *Базой* называют поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, плоскость, ось или точку симметрии, принадлежащие детали (изделию) и используемые для базирования. Измерительной называют базу, используемую для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения.

могательными базами для выполнения приспособлением своего служебного назначения (эти связи в основном размерные, но возможны и кинематические), затем проводится размерный анализ. В ходе преобразования различных видов связей в размерные и кинематические, они преобразуются в конструктивные формы элементов приспособления и в их размеры, выполняющие в конструкции приспособления определенные функции. На основе проведенного размерного и кинематического анализа формируется компоновка приспособления.

2.5. Разработка конструкции приспособления

На этом этапе при необходимости выбирается силовой привод, определяются его параметры и конструкция. Далее все элементы приспособления и спроектированные объединяются в единое целое одной базовой деталью (обычно корпусом). Затем спроектированную конструкцию приспособления описывают системой размеров и технических требований, описывают принцип работы и разрабатывают технологическую инструкцию на операцию технического контроля.

Пример выполнения лабораторной работы

Работа выполняется с деталью, над которой Вы работали при работе на практическом занятии №1. Выявите размеры, которые целесообразно контролировать с помощью специальных средств измерения или контрольных приспособлений. Согласуйте с преподавателем, для контроля каких размеров будете разрабатывать контрольное приспособление.

Анализ исходных данных

Стол фрезерного станка предназначен для установки и закрепления заготовки на станке и придания ей возвратно-поступательного движения в горизонтальном направлении. Деталь особо ответственная. Стол устанавливается в станок по направляющим в виде ласточкина хвоста. Параллельность направляющих (по чертежу допуск на параллельность равен 0,02 мм) обеспечивает в значительной степени жесткость станка и точность позиционирования стола в направлении, перпендикулярном этим направляющим. Поверхности, формирующие размер, наружные плоские, длина поверхности значительно превышает

ширину, база не указана, и любая из поверхностей может быть принята в качестве конструкторской размерной базы. Учитывая широкое использование в станкостроении направляющих в виде ласточкина хвоста и тип производства (серийный), целесообразно принять унифицированное переналаживаемое контрольное приспособление.

Выбор схемы контроля и показывающего устройства

Учитывая, что поверхности, формирующие размер, плоские наружные, значительной длины и любая из них может быть принята в качестве конструкторской размерной базы, целесообразно применить схему, представленную на рис. 3.8.

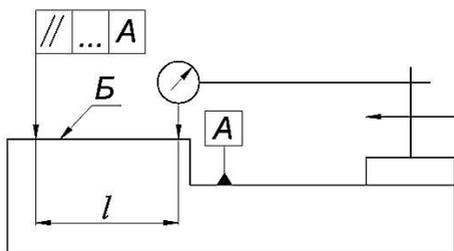


Рис. 3.8. Схема контроля параллельности направляющих стола станка

Для размера с допуском 0,02 мм допустимая погрешность измерения $\Delta_{\text{изм.}}$ составляет 0,006 мм. Тогда в качестве показывающего устройства принимаем многооборотный индикатор первого класса точности мод. 1 МИГ-1 ГОСТ 9696-82 с ценой деления 0,001 мм, диапазоном измерения – 1 мм, с погрешностью измерения 0,002 мм. Тогда на погрешность приспособления остается $0,006 - 0,002 = 0,004$ мм.

Выбор измерительных баз

Проанализировав выбранную ранее схему контроля, с учетом принципа совмещения баз выбираем в качестве измерительной базы правую направляющую ласточкина хвоста (направляющая база) и опорную плоскость (установочная база). Эти две поверхности определяют

взаимное расположение приспособления и детали по пяти координатам. По шестой координате (вдоль направляющей) будет осуществляться взаимное перемещение средства контроля и детали (определение положения в этом координатном направлении не требуется). Схема базирования представлена на рис. 3.9.

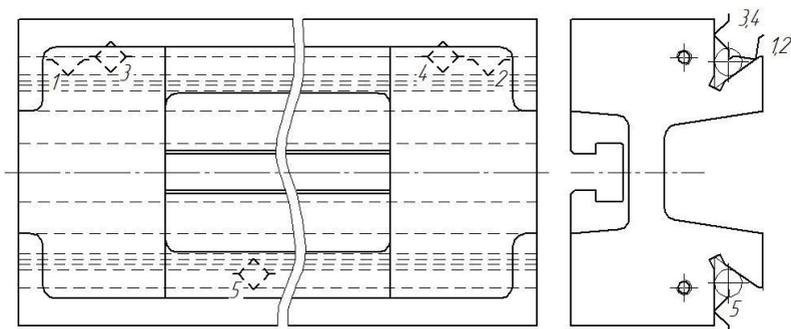


Рис. 3.9. Теоретическая схема базирования

Разработка компоновки приспособления и предварительный размерный анализ его конструкции

Так как размеры и масса детали достаточно велики, проектировать стационарное приспособление нецелесообразно, поэтому будем располагать контролируемую деталь на столе контролера, а приспособление будем располагать на детали. Базировать приспособление на детали будем при помощи двух сферических опор по одной ветви ласточкина хвоста (4 степени свободы), по второй опорной плоскости используем опору со сферическим наконечником (1 степень свободы). Размещение индикатора таким образом, чтобы он контактировал (скользил) с измеряемой поверхностью, нецелесообразно, так как это усложнит приспособление и вызовет повышенный износ наконечника индикатора. Поэтому размещаем индикатор с опорой на рычаг, размещенный на опоре со сферическим наконечником. Рычаг прижимаем к поверхности детали пружиной. Все выбранные элементы объединяем в единое целое корпусом. Построим размерную цепь, описывающую точность приспособления (рис.3.10).



Рис. 3.10. Размерная цепь, описывающая погрешность, вносимую приспособлением в результат контроля: α_0 – параллельность боковых поверхностей ласточкина хвоста (в пределах допустимой погрешности измерения); α_1 – параллельность оси отверстия в рычаге и оси сферического наконечника опоры; α_2 – параллельность оси рычага и оси отверстия в рычаге; α_3 – параллельность оси отверстия под ось рычага и оси рычага; α_4 – параллельность базовой поверхности корпуса под опоры и оси отверстия под ось рычага; α_5 – параллельность общей оси сферических опор и базовой поверхности корпуса под опоры; α_6 – параллельность боковой поверхности ласточкина хвоста и общей оси сферических опор

Разработка конструкции приспособления

Вычертим эскиз детали (в масштабе приспособления), вычертим сферические опоры 8, рычаг 3 и условно (тонкими линиями) многооборотный индикатор со стойкой 2, 1. Затем вычерчиваем корпус 5, ось рычага 4 и пружину 9, крепеж (рис. 3.11).

Приспособление работает следующим образом:

На поверхность стола станка наносится риска тонким маркером на расстоянии 38 мм от края и далее через 100 мм. Рычажок 3 отводится на $10...15^\circ$, контрольное приспособление одевается на деталь (стол, установленный на столе контролера) и продвигается вдоль детали до риски (проверить вхождение в контакт с направляющими стола обеих сферических опор 8). Затем рычажок 3 вводится в контакт с направляющей стола фиксируется показание индикаторной головки. Приспособление плавно перемещается вдоль стола станка, показания индикатора фиксируются на каждой риске. Далее определяется максимальная разница показаний между соседними замерами, которая и даст искомый параметр (максимальную погрешность параллельности направляющих стола станка), который необходимо сравнить с допуском размера на чертеже и сделать вывод о годности детали.

Лабораторная работа № 4

РАСЧЕТ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ПРЕДЕЛЬНЫХ КАЛИБРОВ

Цель работы: Ознакомление с гладкими предельными калибрами, правилами их эксплуатации и методикой расчета исполнительных размеров.

Калибры – измерительные инструменты для проверки правильности размеров и формы изделий, которые предназначаются, главным образом, для контроля одного определенного размера без определения его фактической величины. При этом они дают возможность установить, что параметр контроля не вышел за пределы границ поля допуска на этот параметр.

При разработке и выборе конструкций калибров исходят из основного принципа конструирования измерительных инструментов – принципа подобия. Сущность этого принципа состоит в том, что проходная сторона калибра должна представлять собой по своей форме подобие сопрягаемой детали и ограничивать все элементы изделия, а непроходная сторона – производить проверку отдельных ограниченных участков или сечений проверяемого изделия. Гладкие калибры применяются для измерения диаметров отверстий, диаметров валов, длин и высот.

Калибры бывают нормальные и предельные. Нормальные калибры имеют один размер, тот, который желательно получить на изделии. Годность изделия определяется входением в него калибра с большей или меньшей степенью плотности. Пользование нормальными калибрами требует большой квалификации и опыта рабочего и контролера. К предельным калибрам относят калибры, номинальные размеры которых соответствуют наибольшему и наименьшему предельным размерам изделий. Один конец калибра обязательно должен входить в деталь или одеваться на деталь (обычно под своим весом, иногда под определенным усилием), его обозначают *ПР* (проходная сторона), а второй – входить не должен, его обозначают *НЕ* (непроходная сторона). Пользование предельными калибрами не требует

высокой квалификации исполнителя. В настоящее время применяются в основном предельные калибры. Калибры для контроля изделий называются рабочими. Калибры для контроля размеров калибров называются контрольными калибрами или контркалибрами. Виды калибров, допуски на их изготовление и износ установлены государственными стандартами и носят название системы допусков для предельных калибров.

Калибры-пробки (рис. 4.1, табл. 4.1) изготавливают для контроля отверстий 6–16-го квалитетов диаметром 1–350 мм. Предельные калибры для отверстий называются калибрами-скобами и выполняются в виде: пробок гладких полных; пробок листовых неполных и пробок неполных (пробки гладкие листовые неполные и пробки неполные применяются для проверки отверстий более крупных размеров); штихмасов и нутромеров сферических; пробок конических. Преимущественное распространение получили калибры-скобы, позволяющие контролировать размеры валов без снятия их со станка. Некоторые конструкции калибров-скоб приведены на рис. 4.2, а их условное обозначение дано в табл. 4.2. Гладкие калибры-пробки полные бывают цельными и составными, односторонними или двусторонними. Пробки для отверстий диаметром от 1 до 50 мм делаются в виде конических вставок (пробок с коническими хвостовиками), для отверстий диаметром от 30 до 100 мм в виде цилиндрических насадок. Односторонние пробки имеют одну коническую вставку или одну цилиндрическую насадку. Двусторонние пробки имеют две вставки или две насадки. Непроходная пробка значительно короче проходной. Предельные штихмасы представляют собой цилиндрические стальные стержни, оканчивающиеся шаровыми измерительными поверхностями с радиусом, значительно меньшим радиуса измеряемой поверхности. Для измерения отверстия изготавливаются два штихмаса: проходной и непроходной. Для отличия на непроходном штихмасах делается одна проточка, а на контрольном штихмасах – две; проходной штихмас проточек не имеет. Штихмасы с измерительными поверхностями, образованными радиусом, равным половине размера штихмаса, называются сферическими нутромерами.

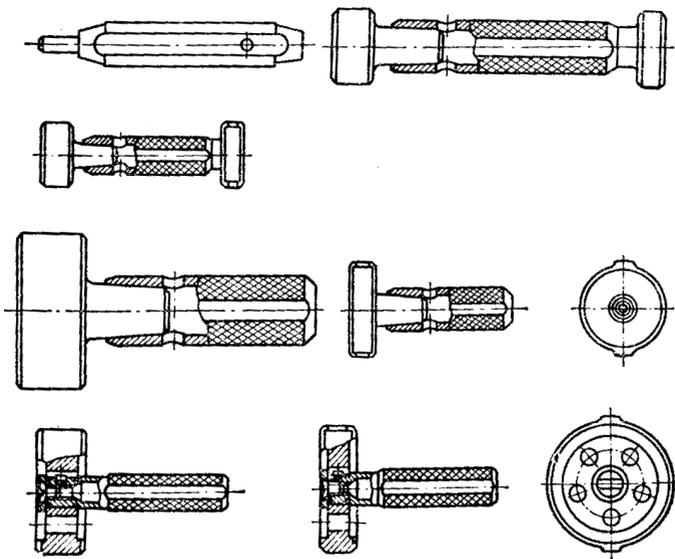


Рис. 4.1. Гладкие калибры-пробки и их конструкции

Таблица 4.1

Виды калибров-пробок и пример их условного обозначения

Калибры-пробки	Диаметр, мм	Пример условного обозначения калибра
Двусторонние со вставками	1-6	Пробка 8133-0607 Н7ГОСТ 14807-69
<i>ПР</i> со вставками	1-6	Пробка 8133-0707 Н12 ГОСТ 14808-69
<i>НЕ</i> со вставками	1-6	Пробка 8133-0807 Н7 ГОСТ 14809-69
Двусторонние со вставками	3-50	Пробка 8133-0928 Н8 ГОСТ 14810-69
<i>НЕ</i> с неполными вставками	6-50	Пробка 8133-1005 Н7 ГОСТ 14811-69
<i>ПР</i> со вставками	50-75	Пробка 8133-1104 Н7 ГОСТ 14812-69
<i>НЕ</i> со вставками	50-75	Пробка 8133-1154 Н7 ГОСТ 14813-69
<i>НЕ</i> с неполными вставками	50-75	Пробка 8133-1204 Н6 ГОСТ 14814-69
<i>ПР</i> с насадками	50-100	Пробка 8136-0013 Н7 ГОСТ 14815-69

Окончание табл. 4.1

<i>НЕ</i> с насадками	50-100	Пробка 8136-0113 Н7 ГОСТ 14816-69
Штампованные с насадками:		
<i>ПР</i>	50-100	Пробка 8136-0056 Н7 ГОСТ 14817-69
<i>НЕ</i>	50-100	Пробка 8136-0156 Н9 ГОСТ 14818-69
<i>НЕ</i> с неполными насадками	50-100	Пробка 8136-0204 Н7 ГОСТ 14819-69
Штампованные неполные:		
<i>ПР</i>	100-160	Пробка 8140-0004 Н7 ГОСТ 14820-69
<i>НЕ</i>	75-160	Пробка 8140-0054 Н12 ГОСТ 14821-3
Неполные:		
<i>ПР</i>	100-300	Пробка 8140-0104 Н7 ГОСТ 14822-69
<i>НЕ</i>	75-300	Пробка 8140-0154 Н7 ГОСТ 14823-69
<i>ПР</i> неполные с накладками	160-360	Пробка 8140-0223 Н7 ГОСТ 14824-69
<i>НЕ</i> неполные с накладками	160-360	Пробка 8140-0273 Н7 ГОСТ 14825-69

Предельными калибрами для валов служат калибры-скобы. Проходные скобы должны надеваться на вал под действием собственного веса. Непроходные скобы не должны надеваться на вал. Скобы бывают жесткие и регулируемые. Жесткие скобы изготавливаются штампованными, литыми и листовыми, а также односторонними и двусторонними. Односторонними скобами можно измерять один или два предельных размера. Если односторонняя скоба предназначена для измерения двухпредельных размеров, то размеры расположены один за другим ступеньками, разделенными друг от друга канавкой. Односторонние скобы выпускаются с мерительными размерами до 180 мм. Двусторонние штампованные калибры-скобы изготавливаются до размера 100 мм. Непроходная сторона губок двусторонних скоб скошена под углом 45°. Листовые жесткие калибры-скобы бывают двусторонними и односторонними. Они изготавливаются из листовой стали толщиной от 4 до 10 мм. ГОСТ 18355-73,

ГОСТ 18356-73, ГОСТ 18357-73 предусматривают листовые одно- и двусторонние скобы, а также трубчатые скобы для измерения длин 10-500 мм. Выпускают калибры-скобы с пластинками из твердого сплава для контроля валов диаметром 3-180 мм, 6-12-го качества. Калибры-скобы для контроля валов 6-го и более грубых качеств диаметром 3-180 мм изготавливают нерегулируемыми, т.е. постоянных номинальных размеров, которые не могут быть восстановлены в процессе эксплуатации калибра для компенсации его износа. Калибры-скобы для контроля валов диаметром до 340 мм изготавливают регулируемыми. Регулируемые калибры-скобы (ГОСТ 2216-43) можно установить перед измерением на нужный размер с определенной точностью и восстановить их рабочий размер по мере его износа. Устанавливают регулируемые скобы на размер по контрольным калибрам или по блокам плоскопараллельных концевых мер. После установки скобы головки установочных винтов заливают сургучом или мастикой и клеймят заводским клеймом. Регулируемые скобы изготавливаются для диаметров до 330 мм.

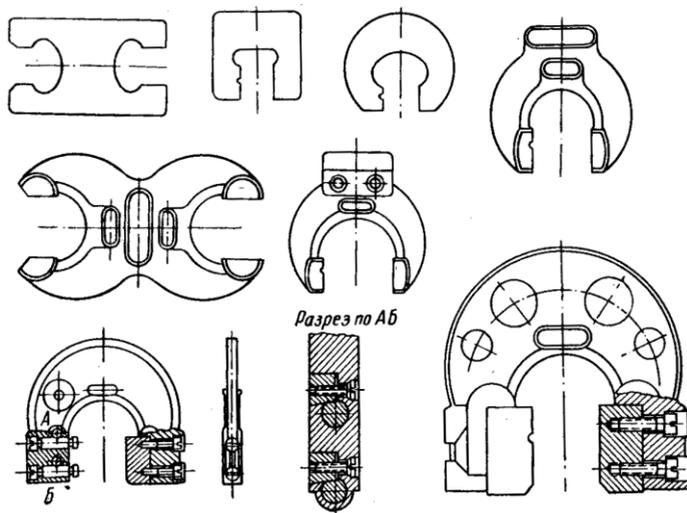


Рис. 4.2. Гладкие калибры-скобы и их конструкции

Таблица 4.2

Калибры-скобы и их условное обозначение

Наименование	Диаметр, мм	Пример условного обозначения скобы
Калибры-скобы нерегулируемые		
Односторонние двухпредельные	3-10	Скоба 8113-0005 h9 ГОСТ 18361-73
	10- 100	Скоба 8113-0140 h9 ГОСТ 18362-73
	100- 180	Скоба 8113-0213 h9 ГОСТ 18363-73
Односторонние двухпредельные с пластинками из твердого сплава	3-10	Калибр-скоба 8113-0061 h9 ГОСТ 16775-71
	10,5 – 100	Калибр-скоба 8113-0270 H9 ГОСТ 16776-71
	102- 180	Калибр-скоба 8113-0365 h9 ГОСТ 16777-71
Калибры-скобы регулируемые		
Двухпредельные видов 1 и 2	До 100	Калибр-скоба 8118-0005-1 ГОСТ 2216-84
	100- 180 1	Калибр-скоба 8118-0020-2 ГОСТ 2216-84
	80-220	Калибр-скоба 8118-0024-1 ГОСТ 2216-84
	220-340	Калибр-скоба 8118-0033-2 ГОСТ 2216-84

Фактические размеры калибров отличаются от их номинальных размеров и имеют свои допуски на изготовление, а также износ их во время эксплуатации. Допуски предельных гладких калибров устанавливаются в зависимости от назначения калибров. Система допусков для предельных калибров устанавливает: размеры новых калибров и контркалибров; допуски на их изготовление; размеры, при которых калибры должны браковаться по износу, и расположение допусков относительно номинальных размеров калибров. Допуски на неточность изготовления калибров обычно задаются так, чтобы тело проходной стороны имело припуск на будущий износ. Для непроходных калибров допуски на износ не устанавливаются. На калибрах маркируют обозначения качеств точности и сокращенные буквенные обозначения типов калибров.

На калибры устанавливаются допуски по ГОСТ 24853-81 и ГОСТ 24852-81. Схемы расположения полей допусков калибров приведены на рис. 4.3, значения допусков – в табл. 4.3, расчетные формулы для определения исполнительных размеров представлены в табл. 4.4 (могут быть приняты по ГОСТ 21401-75 без проведения расчетов). Исполнительным размером называется размер калибра, представленный на чертеже. Для калибров-колец и калибров-скоб исполнительный размер – наименьший размер с нижним отклонением, равным нулю, и верхним отклонением со знаком плюс, численно равным допуску H_1 калибра. Исполнительный размер калибров-пробок – это их

наибольший размер с верхним отклонением, равным нулю, и нижним отклонением со знаком минус, численно равным допуску H калибра. Предельные отклонения назначают в «тело» калибра, что гарантирует с большой вероятностью изготовление годных калибров. Примеры выполнения рабочих чертежей калибров приведены в прил. А и Б.

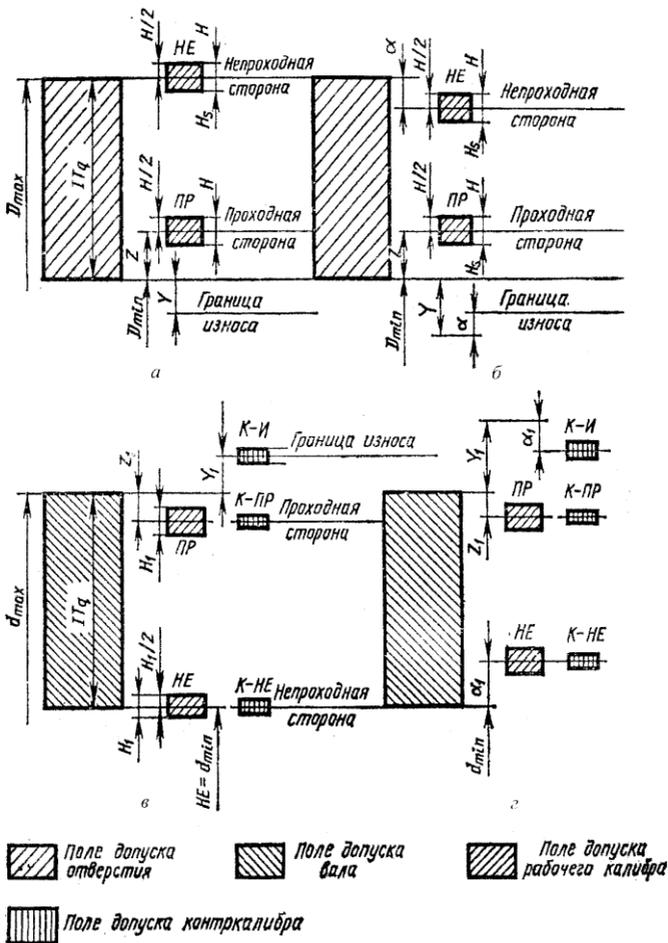


Рис. 4.3. Схема расположения полей допусков калибров: для отверстий: а – $D < 180$ мм; б – $D > 180$ мм; для валов: в – $d < 180$ мм; г – $d > 180$ мм

Таблица 4.3

Допуски, мкм, гладких рабочих калибров для отверстий и валов с размерами до 500 мм (ГОСТ 24853-81) (в сокращении)

Квалитет	Обозначение	Интервалы размеров, мм												
		До 3	Св 3 до 6	Св 6 до 10	Св 10 до 18	Св 18 до 30	Св 30 до 50	Св 50 до 80	Св 80 до 120	Св 120 до 180	Св 180 до 250	Св 250 до 315	Св 315 до 400	Св 400 до 500
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6	Z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4	5	6	7	8
	H	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3	4	5	6	7
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	5
	Z_1	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11
	Y_1	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	5	6	6	7
	$H; H_s$	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
	H_1	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
7	$Z; Z_1$	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11
	$Y; Y_1$	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	6	7	8	9
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	6	7
	$H; H_1$	1,5	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H_s	-	-	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
8	$Z; Z_1$	2	3	3	4	5	6	7	8	9	12	14	16	18
	$Y; Y_1$	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	9	9	11
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
	H_s	-	-	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
9	$Z; Z_1$	5	6	7	8	9	11	13	15	18	21	24	28	32
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20

Окончание табл. 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	H_s	-	-	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
10	$Z; Z_1$	5	6	7	8	9	11	13	15	18	24	28	32	37
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9	11	14
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
	H_s	-	-	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
11	$Z; Z_1$	10	12	14	16	19	22	25	28	32	40	45	50	55
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	15	15	20
	$H; H_1$	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
	H_s	-	-	4	5	5	7	8	10	12	14	16	18	20
12	$Z; Z_1$	10	12	14	16	19	22	25	28	32	45	50	65	70
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	20	30	35
	$H; H_1$	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
	H_s	-	-	4	5	5	7	8	10	12	14	16	18	20
13	$Z; Z_1$	20	24	28	32	36	42	48	54	60	80	90	100	110
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	35	45	55
	$H; H_1$	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
	H_s	-	-	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
14	$Z; Z_1$	20	24	28	32	36	42	48	54	60	100	110	125	146
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	55	70	90
	$H; H_1$	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
	H_s	-	-	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40

Допуск калибров для контроля отверстий обозначен буквой H , а для контроля валов – H_1 . Поля допусков калибров HE расположены симметрично относительно их номинального размера. Поля допусков калибров PP расположены внутри поля допуска контролируемого изделия; их положение определяют координаты Z (калибры PP для контроля отверстий) и Z_1 (калибры ПР для контроля валов). Калибры ПР в процессе эксплуатации изнашиваются, а поэтому для них предусмотрена граница износа, по достижении которой калибр должен изыматься из применения. Граница износа располагается от проходного предела отверстия на расстоянии Y , а от проходного предела вала – на расстоянии Y_1 . Для калибров 9–17-го квалитетов номинальных размеров до 180 мм предел износа совпадает с проходными пределами отверстия и вала, поэтому $Y=Y_1=0$.

Таблица 4.4

Формулы для расчета исполнительных размеров калибров

Калибр	Контроль	Условия применения	Формулы для расчета исполнительных размеров	Предельные отклонения	
				ES	EI
1	2	3	4	5	6
Предельные калибры для контроля размеров валов					
Кольцо гладкий проходной	Наибольшего диаметра вала d_{\max}	Калибр должен проходить по валу под действием собственной силы тяжести или определенной силы	$PP_{\min} = d_{\max} - Z_1 - H_1 / 2$, где Z_1 – отклонение середины поля допуска на изготовление калибра-скобы PP относительно наибольшего предельного размера вала; H_1 – допуск на изготовление калибров-скоб	$+H_1$	0
Скоба гладкий непроходной	Наименьшего диаметра вала d_{\max}	Калибр не должен проходить по валу	$HE_{\min} = d_{\min} + \alpha_1 - H_1 / 2$, где α_1 – компенсация погрешности контроля калибрами-скобами (для валов диаметром свыше 180 мм)	$+H_1$	0
Предельные калибры для контроля размеров отверстий					
Пробка гладкий проходной	Наименьшего диаметра отверстия H	Калибр должен проходить по валу под действием собственной силы тяжести или определенной силы	$PP_{\max} = D_{\min} + Z + H / 2$, где Z – отклонение середины поля допуска на изготовление калибра-пробки PP относительно наименьшего предельного размера отверстия; H – допуск на изготовление калибра-пробки	0	$-H$

Окончание табл. 4.4

1	2	3	4	5	6
Пробка гладкий непроходной	Наибольшего диаметра отверстия D_{max}	Калибр, как правило, не должен входить под действием собственной силы тяжести или определенной силы	$HE_{min} = D_{max} + \alpha + H / 2$, где α – компенсация погрешности контроля калибрами-пробками (для валов диаметром свыше 180 мм)	0	$-H$

В соответствии с требованиями ГОСТ 2015-84 на каждом калибре нанесены контролируемый номинальный размер, поле допуска, числовые значения и знаки верхнего и нижнего отклонений, назначение калибра (ПР, HE, К-HE, К-ПР) и товарный знак предприятия-изготовителя (рис. 4.4).

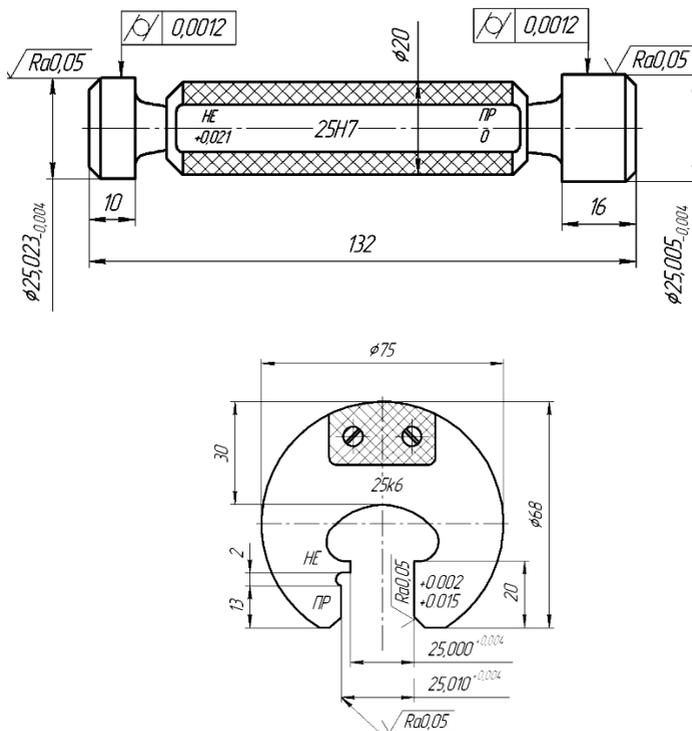


Рис. 4.4. Калибр-пробка и калибр-скоба

Вставки с номинальным размером до 14 мм промаркированы на конусной поверхности хвостовика, а размером свыше 14 мм – на передней торцовой поверхности.

Пример выполнения лабораторной работы

Калибр пробка для контроля размера отверстия $\varnothing 22H7$. Для контроля отверстия $\varnothing 22H7^{(+0,021)}$ используется калибр-пробка. Определим предельные и исполнительные размеры калибра для контроля внутреннего диаметра. Предельные отклонения детали: $ES=+0,021$ мм, $EI=0$. Предельные отклонение отверстия: $D_{\max}=22,021$ мм, $D_{\min}=22$ мм. По СТ СЭВ 157-75 приведем схему расположения полей допусков для отверстий до 180 мм с точностью по 7 качеству (рис. 4.5). По СТ СЭВ 157-75: $z=3$ мкм; $y=3$ мкм; $H=4$ мкм; $\alpha=0$. Определим размеры калибров по формулам:

$$P-PP_{\min} = D_{\min} + z + H/2;$$

$$P-HE_{\max} = D_{\max} + \sigma + H/2;$$

$$P-PP_{\text{изн}} = D_{\min} - y,$$

где $P-PP_{\max}$, $P-PP_{\min}$, $P-PP_{\text{изн}}$ – размеры калибров соответственно максимальный, минимальный и изношенный.

$$P-PP_{\min} = 22 + 0,003 + 0,004/2 = 22,007 \text{ мм};$$

$$P-HE_{\max} = 22,021 + 0,004/2 = 22,0023 \text{ мм};$$

$$P-PP_{\text{изн}} = 22 - 0,003 = 21,997 \text{ мм}.$$

На чертеже проставляется $P-PP_{\min} = 22,007_{-0,004}$, $P-HE_{\max} = 22,0023_{-0,004}$.

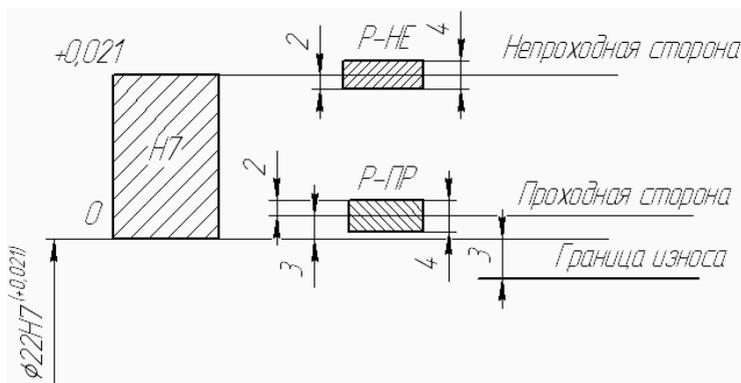


Рис. 4.5. Схема полей допусков детали и гладких калибров для отверстия $\varnothing 22H7$

Калибр – скоба для контроля размера вала $\varnothing 192h12(-0,46)$.

Определим предельные и исполнительные размеры калибра для контроля наружного диаметра. Предельные отклонения детали: $es=0$ мм, $ei=-0,46$. Предельные отклонение вала: $d_{\max}=192$ мм, $d_{\min}=191,54$ мм. По СТ СЭВ 157-75 приведем схему расположения полей допусков для валов диаметром до 200 мм с точностью по 12 квалитету (рис. 4.6). По СТ СЭВ 157-75: $z=45$ мкм; $y=0$; $H=20$ мкм; $\alpha=15$ мкм. Определим размеры калибров по формулам:

$$P-ПР_{\min} = d_{\max} - z - H_1/2;$$

$$P-HE_{\max} = d_{\min} - H_1/2;$$

$$P-ПР_{\text{изн}} = D_{\max} + y,$$

где $P-ПР_{\max}$, $P-ПР_{\min}$, $P-ПР_{\text{изн}}$ – размеры калибров соответственно максимальный, минимальный и изношенный.

$$P-ПР_{\min} = 192 - 0,045 - 0,020/2 = 191,945 \text{ мм};$$

$$P-HE_{\max} = 191,54 - 0,020/2 = 191,53 \text{ мм};$$

$$P-ПР_{\text{изн}} = 192 \text{ мм}.$$

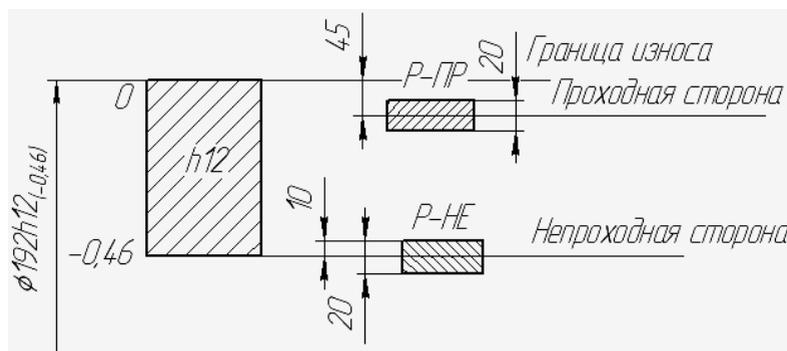


Рис. 4.6. Схема полей допусков детали и гладких калибров для вала $\varnothing 192h12$.

Лабораторная работа № 5

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Задание. В результате выборочного контроля получена некоторая выборка значений размера деталей в партии. Оцените репрезентативность³ выборки. Используя закон нормального распределения, оцените количество бракованных деталей в партии обработанных деталей.

Последовательность выполнения работы

1. Определите наличие "выбросов" в представленной выборке и при наличии таковых исключите их из дальнейших расчетов. Для этого запишите все элементы выборки в порядке возрастания их значений. Определите величину критического значения для определения выброса по формуле

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1},$$

где x_1, x_2, x_n – значения первого, второго и последнего элементов выборки, расположенных в порядке возрастания значений.

Сравните величину r_{10} с критическим значением (табл. 5.1). В случае, если r_{10} меньше критического значения – x_1 не является выбросом, а если r_{10} больше критического значения – x_1 является выбросом и его необходимо исключить из дальнейших расчетов.

Таблица 5.1

Критические значения для проверки выбросов
(экстремальное значение)

Число опытов v	Доверительная вероятность P	
	0.95	0.99
3	0.941	0.988
4	0.765	0.889
5	0.642	0.780
6	0.560	0.698
7	0.507	0.637
8	0.554	0.683

³ Репрезентативность можно определить, как свойство выборочной совокупности представлять параметры генеральной совокупности, значимые с точки зрения задач исследования.

Запишите все элементы выборки в порядке убывания их значений. Определите величину критического значения для определения выброса по формуле

$$r_{10} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1},$$

где x_1, x_2, x_n – значения первого, второго и последнего элементов выборки, расположенных в порядке убывания значений.

Сравните величину r_{10} с критическим значением (табл. 5.1). В случае, если r_{10} меньше критического значения – x_1 не является выбросом, а если r_{10} больше критического значения – x_1 является выбросом и его необходимо исключить из дальнейших расчетов.

2. Определите максимальное и минимальное значение выборки, моду, размах выборки и среднее арифметическое значение.

Определите минимальное и максимальное значение выборки $x(\min)$ и $x(\max)$. Определите моду выборки – наиболее часто встречающееся значение выборки (обозначается $\langle x \rangle$). Определите размах выборки

$$R = x(\max) - x(\min).$$

Определите среднее арифметическое значение выборки по формуле

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i,$$

где x_i – значения элементов выборки, n – количество элементов в выборке.

3. Определите выборочную дисперсию по формуле

$$D = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2,$$

где x_i – значения элементов выборки, n – количество элементов в выборке.

4. Определите значения верхней и нижней границ доверительного интервала для заданной доверительной вероятности. Пользуясь табл. 5.2, выпишите значение процентных точек t -распределения Стьюдента ($t_n =$).

Таблица 5.2

Процентные точки t-распределения Стьюдента

Число опытов ν	Доверительная вероятность P	
	0.95	0.99
3	2.353	4.541
4	2.132	3.747
5	2.015	3.365
6	1.943	3.143
7	1.895	2.998
8	1.860	2.896

Определите значения верхней Θ_H и нижней Θ_L границ доверительного интервала по формулам:

$$\Theta_H = \bar{x} + \frac{t_n \cdot D}{\sqrt{n}}; \quad \Theta_L = \bar{x} - \frac{t_n \cdot D}{\sqrt{n}},$$

где \bar{x} – среднее арифметическое значение выборки; t_n – процентные точки t-распределения Стьюдента; D – дисперсия; n – количество элементов выборки.

5. Преобразуйте размер детали к нормированной величине по формулам:

$$U_1 = \frac{x_1 - \mu}{\sigma}; \quad U_2 = \frac{x_2 - \mu}{\sigma},$$

где x_{max} , x_{min} – максимальное и минимальное значение размера детали (в соответствии с допуском), μ – математическое ожидание случайной величины, σ – дисперсия выборки.

6. Используя табличные значения (табл. 5.3), определите площадь под кривой нормального распределения с учетом границ допуска на размер. Оцените количество деталей, попавших в поле допуска на размер и не попавших в него.

Таблица 5.3

Доля площади под стандартной нормальной (гауссовой) кривой
от 0 до соответствующего значения

U	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990

7. Сделайте выводы:

- о репрезентативности выборки;
- о границах доверительного интервала;
- о надежности процесса изготовления детали.

Пример выполнения лабораторной работы

Задание: В результате выборочного контроля получена некоторая выборка значений размера деталей $10^{+0,3}$ в партии: 10,29, 10,22, 10,19, 10,21, 10,17, 10,15, 10,02. Совокупность измеренных размеров деталей подчинена нормальному распределению. Оценить количество деталей, фактический размер которых попал в поле допуска размера $10^{+0,3}$ мм в выборке из 40 деталей при доверительной вероятности $P=0,95$.

Решение:

1. Определим наличие "выбросов" в представленной выборке. Для этого запишем все элементы выборки в порядке возрастания их значений: 10,02, 10,15, 10,17, 10,19, 10,21, 10,22, 10,29. Определим величину критического значения для определения выброса:

$$r_0 = \frac{10,15 - 10,02}{10,29 - 10,02} = 0,481$$

Определим критическое значение по табл. 5.1: для выборки из 7 элементов критическое значение равно 0,507, следовательно, значение 10,02 с вероятностью $P=0,95$ выбросом не является (т.к. $0,481 < 0,507$).

Запишем все элементы выборки в порядке убывания их значений: 10,29, 10,22, 10,21, 10,19, 10,17, 10,15, 10,02. Определим величину критического значения для определения выброса:

$$r_0 = \frac{10,29 - 10,22}{10,02 - 10,29} = 0,26$$

Следовательно, значение 10,22 с вероятностью $P=0,95$ выбросом не является. (т.к. $0,26 < 0,507$).

Таким образом, все элементы выборки репрезентативны.

2. Определим максимальное ($x(\max)=10,29$) и минимальное ($x(\min)=10,02$) значение выборки, мода $\langle x \rangle$ отсутствует, так как нет повторяющихся значений, размах выборки ($R=10,29-10,02=0,27$) и среднее арифметическое значение

$$\bar{x} = \frac{1}{7} \cdot 10,29 + 10,22 + 10,19 + 10,21 + 10,17 + 10,15 + 10,02 = 10,178.$$

3. Определим выборочную дисперсию по формуле

$$D = \frac{1}{7-1} \cdot [(10,29 - 10,178)^2 + (10,22 - 10,178)^2 + (10,19 - 10,178)^2 + (10,21 - 10,178)^2 + (10,17 - 10,178)^2 + (10,15 - 10,178)^2 + (10,02 - 10,178)^2] = 0,0069.$$

4. Определим, пользуясь табл. 5.2, значение процентных точек t-распределения Стьюдента для доверительной вероятности $P=0,95$ ($t_n = 1,895$). Определим значения верхней Θ_H и нижней Θ_L границ доверительного интервала по формулам:

$$\Theta_H = 10,178 + \frac{1,895 \cdot 0,0069}{\sqrt{7}} = 10,183;$$

$$\Theta_L = 10,178 - \frac{1,895 \cdot 0,0069}{\sqrt{7}} = 10,173$$

5. Преобразуем размер детали к нормированной величине U .

$$U_1 = \frac{10,3 - 10,178}{\sqrt{0,0069}} = 1,47; \quad U_2 = \frac{10,0 - 10,178}{\sqrt{0,0069}} = -2,14$$

6. Пользуясь табл. 5.3, определим площадь под кривой плотности нормированного нормального распределения. Для $U_1=1,47$ доля площади составляет 0,4292, для $U_2=-2,14$ составляет 0,4838, тогда общая доля площади составит 0,913 или 91,3%. Следовательно, $0,913 \cdot 40 = 36$ деталей попадают в заданное поле допуска при имеющихся параметрах и условиях реализации технологического процесса. Таким образом, технологический процесс в целом обеспечивает требуемую точность обработки деталей (рис. 5.1).

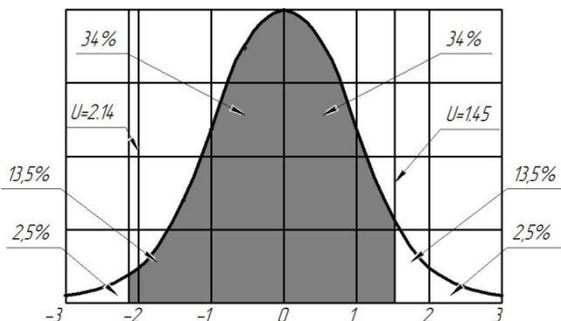


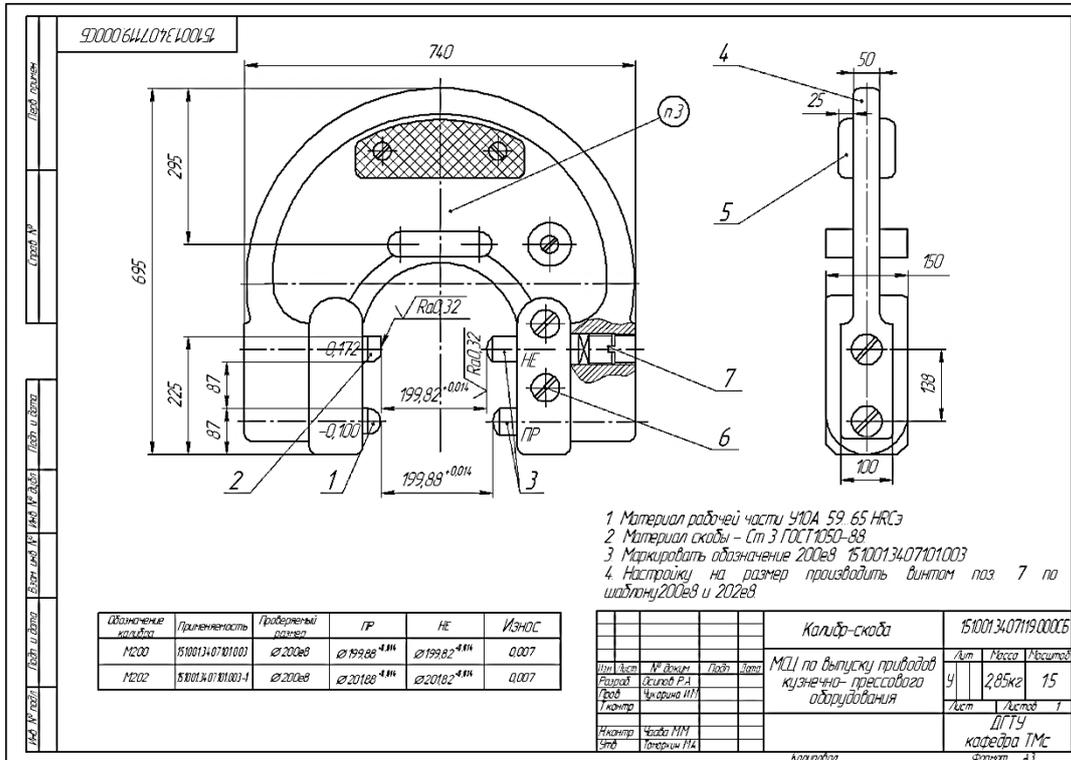
Рис. 5.1. Доля годных деталей в партии, соответствующая условиям реализации технологического процесса

7. На основании проведенной работы сделаем следующие выводы:

- Выборка является репрезентативной.
- Границы доверительного интервала для вероятности $P=0,95$: 10,173...10,183.
- Для имеющихся условий производств надежность технологического процесса изготовления детали можно считать удовлетворительной.

Литература

1. Справочник контролера машиностроительного завода / Под ред. А.И. Якушева. – М.: Машиностроение, 1980
2. Справочник по производственному контролю в машиностроении / Под общ. ред. А.К. Кутай. – М.: Машгиз, 1956.
3. ГОСТ 14810-69. Калибры-пробки гладкие двусторонние со вставками диаметром свыше 3 до 50 мм. Конструкция и размеры.
4. ГОСТ 14822-69. Калибры-пробки гладкие проходные неполные диаметром свыше 100 до 300 мм. Конструкция и размеры (с изменениями N 2, 3).
5. ГОСТ 16775-93. Калибры-скобы гладкие, оснащенные твердым сплавом, для диаметров от 3 до 180 мм. Размеры.
6. ГОСТ 18360-93. Калибры-скобы листовые для диаметров от 3 до 260 мм. Размеры.
7. ГОСТ 24852-81. Калибры гладкие для размеров свыше 500 до 3150 мм. Допуски.



ТЕХНОЛОГИЯ КОНТРОЛЯ И ИСПЫТАНИЙ МАШИН

Практикум по выполнению
лабораторных работ

Составитель Г.А. Прокопец

Редактор А.А. Литвинова
Компьютерная обработка: С.Ю. Матузова

В печать 25.07.2016.

Объём 3,6 усл. п.л. Формат 60x84/16.

Заказ № 240. Тираж 90 экз. Цена свободная

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия:

344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1.